PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. 15. Februar 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 5 am 14. Februar 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

R. W. Wood, Die Fluoreszenz des Natriumdampfes bei Erregung mit monochromatischem Lichte. S. 105.

K. Siegl, Demonstrationsversuch über die Fluoreszenzwirkung der durch Radium erzeugten Sekundärstrahlen. S. 106.

A. Becker, Die Erhöhung der Leitfähigkeit der Dielektrika unter der Einwirkung von Radiumstrahlen. S. 107.

J. F. Davidson, Bemerkungen über die elektrische Leitfähigkeit von Flammen. S. 108.

K. v. Wesendonk, Einige Bemerkungen zur Ionentheorie der elektrischen Entladungen. S. 112.

M. Edelmann jun., Ein kleines Saiten-Galvanometer mit photographischem Registrier-Apparat. S. 115.

A. v. Büky, Beiträge zum Verhalten der Seismographen. S. 122.

Referate:

H. Fritsche, Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente. S. 130.

Besprechungen:

E. Erdmann u. P. Köthner, Naturkonstanten. S. 133.

H. Müller, Die Mißerfolge in der Photographie und die Mittel zu ihrer Beseitigung. I. S. 133.

G. Mercator, Die photographische Retusche. S. 133.

K. Hochenegg, Das elektrotechnische Institut der K. K. technischen Hochschule in Wien. S. 134.

R. E. Liesegang, Beiträge zum Problem des elektrischen Fernsehens. S. 134.

A. v. Obinitzky, Das elektrische Licht und die elektrische Heizung. S. 134.

O. Lummer, Die Ziele der Leuchttechnik. S. 135.

A. Kundt, Vorlesungen über Experimentalphysik. S. 135.

L. Graetz, Kompendium der Physik. S. 135.

Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichensälen mit Gas und elektrischem Bogenlicht. S. 136.

K. Snyder, Das Weltbild der modernen Naturwissenschaft. S. 136.

Briefkasten. S. 136.

Personalien. S. 136.

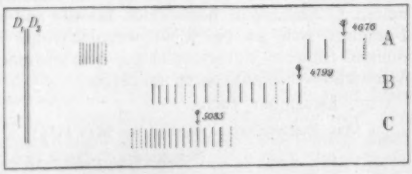
ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Fluoreszenz des Natriumdampfes bei Erregung mit monochromatischem Lichte.

Von R. W. Wood.

In einer kürzlich in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeit[1]) habe ich die merkwürdigen Veränderungen im Aussehen des Fluoreszenzspektrums von Natriumdampf beschrieben, von welchen eine Änderung in der Wellenlänge des erregenden Lichtes begleitet ist.

Ich bin zurzeit mit der Fortsetzung dieser Arbeit beschäftigt. Dabei verwende ich einerseits die intensive monochromatische Strahlung, wie man solche mit den ausgezeichneten Metallbogenlampen aus Quarz erhält, welche von Heraeus verfertigt werden und von Stark[2]) beschrieben worden sind, andererseits die Strahlung einer großen Heliumröhre. Bei Benutzung einer Kadmiumlampe sind einige der bemerkenswerten Veränderungen, welche ich in meiner früheren Arbeit geschildert habe, leicht zu sehen. Eine dieser Lampen liefert eine Strahlung von blendender Helligkeit, deren Wellenlängen — 5085, 4799, 4676 — sämtlich Fluoreszenz zu erregen vermögen. Zur Zerlegung der Strahlung bediene ich mich des monochromatischen Beleuchtungsapparats von Fueß, dessen Spalte sich weit öffnen lassen. Man kann auch, allerdings mit geringerem Erfolge, Absorptionsschirme verwenden. Das Aussehen des Fluoreszenzspektrums bei Erregung durch das direkte Licht der Kadmiumröhre (welches auf das Fenster der Natriumretorte konzentriert werden muß) ist vollständig verschieden von dem Aussehen des Spektrums, welches man bei Erregung der Fluoreszenz durch weißes Licht erhält. Es besteht aus einer Menge scharfer und glänzender Linien, und das gestreifte (kannellierte) Aussehen fehlt vollkommen. Die Linien sind vollkommen scharf und deutlich in den Gebieten, wo sie bei Erregung mittels weißen Lichts sehr schwach sind oder gar ganz fehlen (in der Nachbarschaft der *D*-Linien). Das Aussehen des Fluoreszenzspektrums im allgemeinen, bei Erregung mit monochromatischer Strahlung, wird durch die Figur wiedergegeben.



Die Wellenlänge des erregenden Lichtes ist in jedem einzelnen Falle durch einen Pfeil gekennzeichnet. Erregung durch die violette *Cd*-Linie (4676) liefert uns eine Gruppe von Linien am äußersten gelben Ende des Fluoreszenzspektrums und zwei oder drei leuchtende Linien in der Nachbarschaft der erregten Linie (siehe Figur unter *A*). Diese Erscheinung steht im Einklang mit früheren Beobachtungen bei Verwendung angenähert monochromatischen

1) Diese Zeitschr. **6**, 903, 1905.
2) Diese Zeitschr. **6**, 438, 1905.

Lichtes, welches durch prismatische Zerlegung erhalten worden war.

Die Erregung mit der Wellenlänge 4799 ergibt eine regelmäßig verteilte Reihe von Linien. Einige derselben sind wegen ihrer außerordentlich geringen Helligkeit nur bei weit geöffnetem Spalte sichtbar. Infolgedessen erscheinen die Linien in Gruppen von 2 und 4 angeordnet (siehe Figur unter *B*).

Erregt man den Dampf durch das grüne Licht von der Wellenlänge 5085, so erhält man ein Fluoreszenzspektrum, welches aus einer lückenlosen Reihe regelmäßig verteilter Linien besteht, die gegen das Gebiet des Gelb hin nach und nach schwächer werden (siehe Figur unter *C*). Diese Linien liegen viel näher beisammen als die bei Erregung mit blauem Lichte gewonnenen. Die Veränderung im Aussehen des Spektrums bei Änderung der Wellenlänge des erregenden Lichtes ist hier überaus auffällig. Ich habe keinen Wert darauf gelegt, die Zeichnungen genau auszuführen.

Da ich weiß, welche Expositionszeiten zur photographischen Aufnahme dieser Spektren erforderlich sind, so bin ich in der Lage anzukündigen, daß sie in nächster Zukunft mit Benutzung des Konkavgitters von 5 m Krümmungsradius werden photographiert werden. Mit diesem Apparat ist bereits eine Photographie des durch weißes Sonnenlicht erregten Fluoreszenzspektrums erhalten worden. Gegenwärtig sind Versuche im Gange, welche darüber Gewißheit verschaffen sollen, ob bei Erregung mit D_2-Licht sowohl D_1 als auch D_2 im Fluoreszenzlicht auftreten, und ob Erregung mit violettem Lichte vom zweiten Paare der Hauptserie ($\lambda = 3300$) eine Emission von gelbem Natriumlicht zur Folge hat.

Ich schreibe diese Notiz in der Hoffnung, daß, wegen der Leichtigkeit, mit welcher diese merkwürdigen Erscheinungen sich mit Hilfe der neuen Quarzlampen beobachten lassen, andere Forscher sich zu einer Wiederholung der in meiner früheren Veröffentlichung beschriebenen Versuche veranlaßt sehen möchten.

27. Dezember 1905.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

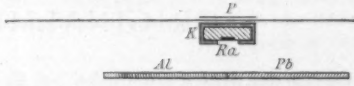
(Eingegangen 8. Januar 1906.)

Demonstrationsversuch über die Fluoreszenzwirkung der durch Radium erzeugten Sekundärstrahlen.

Von K. Siegl.

Wenn die Strahlen einer radioaktiven Substanz auf ein Hindernis treffen, so gehen von letzterem Sekundärstrahlen aus, welche zum Teil aus Kathodenstrahlen bestehen. Die Natur dieser Strahlung wurde mittels der radiographischen Methode von Becquerel[1]) und Paschen[2]) und mittels der Ionisationsmethode von Mme. Curie[3]) und Mc Clelland[4]) untersucht. Bei einem Experimente mit Radium fand ich, daß die durch dasselbe erregten Sekundärstrahlen starke Fluoreszenz hervorzurufen vermögen.

Eine Hartgummikapsel mit 5 mg Radiumbromid lag auf der Schichtseite eines Baryumplatincyanürschirmes. Das Glimmerfenster der Kapsel, aus welchem die Radiumstrahlen austreten, war von der Schicht weggewendet, so daß der Schirm nur schwach leuchtete. Näherte man nun dem Radium einen Gegenstand oder die Hand, so trat eine deutliche Verstärkung der Fluoreszenz des Schirmes ein. Durch die weiteren Experimente stellte sich die im folgenden skizzierte Versuchsanordnung als die zweckmäßigste heraus:



Auf der Rückseite des Baryumplatincyanürschirmes *S* befindet sich das Radium *Ra* in einer dickwandigen Bleikapsel *K*, welche durch zwei Drähte gehalten wird. Die Öffnung der Kapsel ist vom Schirme abgewendet. Auf der Schichtseite des Schirmes ist gegenüber der Bleikapsel eine schwarze Papierscheibe *P* befestigt, um das durch das Radium erzeugte, schwache Fluoreszenzlicht noch vollständig zu beseitigen. Unter dem Leuchtschirme sind auf einem rechteckigen Brette die zu prüfenden Substanzen in Form von Platten angebracht. Das Brett besitzt an zwei gegenüberliegenden Seiten Leisten mit einer Führung, in welche der Rahmen des Röntgenschirmes hineinpaßt. Letzterer läßt sich auf diese Weise über den Versuchsplatten hin- und herschieben, ohne daß sich sein senkrechter Abstand von denselben ändert. Am günstigsten ist eine Entfernung von 1—2 cm.

Es wurde die Sekundärstrahlung der nachstehenden Substanzen untersucht: Holz — Aluminium, Ebonit, Glas, — Eisen, Nickel, Kupfer, Zink, — Silber, Zinn, — Platin, Gold, Quecksilber, Blei. Man kann einen deutlichen Unterschied in der Strahlung dieser Gruppen erkennen, und zwar strahlt am schwächsten Holz, am stärksten Blei. Ein Vergleich mit den

1) Diese Zeitschr. **5**, 561, 1904.
2) Ibid. **5**, 502, 1904.
3) „Untersuchungen über radioaktive Substanzen", deutsche Ausgabe, S. 75, 1904.
4) Phil. Mag. **8**, 230, 1905.

spezifischen Gewichten und Atomgewichten der verschiedenen Elemente zeigt, daß die Sekundärstrahlung nicht mit dem spezifischen Gewichte (Dichte) wächst, sondern mit dem Atomgewichte. Noch intensivere Sekundärstrahlen als Blei dürften Thor und metallisches Uran aussenden, denn diese beiden Elemente besitzen die größten Atomgewichte. Leider standen mir die genannten Substanzen nicht zur Verfügung. Ich machte den Versuch nur mit Pechblende. Diese strahlt aber bedeutend schwächer als Blei wegen des großen Sauerstoffgehaltes neben dem Uran.

Die Fluoreszenzintensität hängt auch ab von der Dicke der strahlenden Platten. Beobachtet man z. B. die Fluoreszenz, welche ein Stanniolblatt von 0,02 mm Dicke erregt, so bemerkt man ein stetiges Anwachsen der Intensität, wenn man die Zahl der Stanniolblätter allmählich bis auf ca. 50 steigert. Die Sekundärstrahlen sind also kein Oberflächeneffekt, sondern kommen noch aus beträchtlicher Tiefe zur Geltung, nur wird die Grenze bei verschiedenen Substanzen in verschiedenen Tiefen erreicht, bei Aluminium z. B. später als bei Blei.

Bringt man in den Gang der Primärstrahlen vor die Öffnung der Radiumkapsel ein Hartgummiplättchen von ca. 1 mm Stärke, so ist die hierdurch hervorgerufene Schwächung der Fluoreszenzintensität der Sekundärstrahlen bei Aluminium größer als bei Blei. Die Sekundärstrahlen des Aluminiums werden also durch stärker absorbierbare β-Strahlen erregt als die des Bleis.

Aus den Schattenbildern von Gegenständen, die in den Gang der Sekundärstrahlen unmittelbar hinter den Leuchtschirm gebracht werden, ergibt sich kein wesentlicher Unterschied in der Absorbierbarkeit von Sekundärstrahlen des Aluminiums und Bleis. Es scheinen also die Sekundärstrahlen aller Körper gleiche Durchdringungsfähigkeit zu besitzen; nur die Menge der zur Wirkung kommenden Strahlen ist bei verschiedenen Substanzen verschieden.

Die beschriebenen Experimente wurden bei der Einweihung des neuen physikalischen Instituts in Göttingen mit 17 mg Radiumbromid vorgeführt, wobei mir Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Riecke in zuvorkommenster Weise 12 mg zur Verfügung stellte. Herr Dr. Stark war so liebenswürdig, mir in die einschlägige Literatur Einblick zu verschaffen. Beiden Herren erlaube ich mir an dieser Stelle für ihre wohlwollende Unterstützung und das lebhafte Interesse, das sie meiner Arbeit stets entgegenbrachten, meinen wärmsten und ergebensten Dank abzustatten.

(Eingegangen 12. Dezember 1905.)

Die Erhöhung der Leitfähigkeit der Dielektrika unter der Einwirkung von Radiumstrahlen.

(Bemerkung zu der Arbeit des Herrn A. Righi.)

Von Aug. Becker.

Die vor einigen Jahren mehrfach untersuchte Frage nach dem Einfluß von Radiumstrahlen auf flüssige und feste Dielektrika ist erneut Gegenstand einer kürzlich[1]) von Herrn Prof. Righi der kgl. Accademia dei Lincei vorgelegten Arbeit, in welcher gezeigt wird, daß eine Reihe flüssiger Dielektrika unter der Einwirkung von Radiumstrahlen eine kleine Leitfähigkeit annehmen, wie es schon Herr P. Curie[2]) nachgewiesen hat. Für feste Isolatoren dagegen konnte ein derartiger Einfluß der Bestrahlung nicht gefunden werden; jedenfalls müßte er, wie Herr Righi zum Schluß bemerkt, außerordentlich klein sein, so daß erst neue und noch feinere Versuche über die Frage endgültig entscheiden könnten.

Da die Arbeit in dieser Zeitschrift (**6**, 877 bis 880, 1905) ebenfalls zum Abdruck gelangt ist, möchte ich mir an dieser Stelle den Hinweis erlauben, daß Herrn Righi wohl die denselben Gegenstand behandelnde Untersuchung unbekannt geblieben sein muß, die ich im Jahre 1903[3]) in den Annalen der Physik veröffentlicht habe. Darin ist in — wie mir scheint — einwandsfreier Weise mit Hilfe einer sehr empfindlichen und störungsfreien Versuchsanordnung gezeigt, daß feste Isolatoren (Paraffin, Schellack, Hartgummi, Glimmer) beim Bestrahlen eine gewisse Leitfähigkeit annehmen, die allerdings sehr klein ist, die sich aber mit den benutzten Mitteln mit absoluter Sicherheit nachweisen ließ. Der Leitungsstrom, der im wesentlichen ähnlichen Gesetzen gehorcht wie bei Gasen, war innerhalb des Bereichs der benutzten Spannungen, bis 128 Volt, diesen annähernd proportional und bei positiver sowohl wie bei negativer Spannung der einen Kondensatorplatte von derselben Größe. Von Wichtigkeit war das weitere Resultat, daß die Leitfähigkeit beim Bestrahlen des Isolators nicht sofort einen konstanten Wert annimmt, sondern daß sie erst schnell und dann allmählich während einer ziemlich beträchtlichen Zeit ansteigt, um schließlich ein Maximum anzunehmen; ebenso sinkt auch nach dem Herausnehmen des Präparats aus dem Apparat die Leitfähigkeit nicht plötzlich, sondern erst allmählich auf ihren normalen Stand zurück. Diese letztere Tatsache ist kurz nach Veröffentlichung meiner Arbeit von Herrn Becquerel[4]) an Paraffin bestätigt worden; die-

1) Acc. dei Linc. **14**. 207, 1905.
2) C. R. **134**, 420, 1902.
3) Ann. d. Phys. **12**, 124—143, 1903.
4) C. R. **136**, 1173, 1903.

selbe Erscheinung wird von Herrn Righi[1]) an flüssigen Isolatoren ebenfalls beobachtet.

Ich habe in der genannten Untersuchung außerdem zeigen können, daß die Leitfähigkeit den Isolatoren wahrscheinlich von den schwer absorbierbaren β-Strahlen des Radiums, d. h. schnellen Kathodenstrahlen erteilt wird, weil die Wirkung deutlich war, obwohl eine dünne Glas- und Aluminiumschicht sich zwischen dem Präparat und dem Isolator befanden; wurde noch eine zweite 0,02 cm dicke Aluminiumscheibe zwischengeschaltet, so ging die Wirkung aber erheblich zurück, und eine 0,1 cm dicke Bleischicht hielt fast die gesamte Wirkung auf; die γ-Strahlen scheinen demnach kaum eine Rolle zu spielen. Zu derselben Vorstellung gelangt Herr Righi.[2]) Sie konnte aber auch früher schon durch andere Untersuchungen bestätigt werden, die ich[3]) im Jahre 1903 ausgeführt habe zu dem Zweck, den Einfluß reiner, von einer Entladungsröhre erzeugter Kathodenstrahlung auf feste Isolatoren zu studieren.

In der deutschen Übersetzung[4]) bemerkt nun Herr Righi, „daß selbst wenn man eine Einwirkung von Radium auf Paraffin beobachtet hätte, die fragliche Erscheinung doch nicht als gut erwiesen hätte betrachtet werden können; das feste Paraffin zeigt stets unzählige kleine Hohlräume, die Gas enthalten, dessen Ionisierung sicherlich bei Anwesenheit eines elektrischen Feldes die Bildung von Ladungen an den Wänden zur Folge hat; diese Ladungen erzeugen eine Verminderung der Potentialdifferenz der Belegungen."

Hierzu möchte ich folgendes bemerken: Da ich zu Beginn meiner früheren Untersuchungen selbst der erwähnten Ansicht zuneigte, habe ich mich immer bemüht, Blasen dadurch möglichst auszuschließen, daß ich das benutzte Paraffin eine Zeitlang nahe auf seinem Siedepunkt erhielt und dann im erwärmten Apparat möglichst langsam starr werden ließ. Die zahlreichen, variierten Beobachtungen zeigten dabei niemals Unregelmäßigkeiten, wie sie bei verschiedenen Schichtdicken mit event. mehr oder weniger zahlreichen Bläschen hätten erwartet werden müssen, und Kondensatoren, in denen ich das geschmolzene Paraffin mit Hilfe einer angefügten Wasserstrahlpumpe unter etwa 20—30 cm äußerem Druck hielt, verhielten sich nicht anders als die früheren. Daraus schließe ich zunächst, daß Bläschen entweder nicht merklich vorhanden waren oder wenigstens keinen störenden Einfluß ausübten. Mit dieser Vorstellung stimmt überein, daß z. B. auch Glimmer, der sich bei der optischen Analyse als völlig homogen erwies, Leitfähigkeitsvermehrung bei Bestrahlung erhält. Sofern aber Leitfähigwerden eines Gases in den Hohlräumen einträte, dürfte dies doch kaum irgendwie die gesuchte Erscheinung beeinflussen, wenn man nur sehr kleine Hohlräume annimmt, da dann jeweils beide Elektrizitäten in nahe gleicher Menge am selben Ort vorhanden sein müßten. Der sehr kleine Leitungsstrom bei niederen Potentialdifferenzen spricht jedenfalls gegen eine solche Störung. Dagegen könnte wohl eine innere negative Aufladung des Isolators, sei es infolge der Absorption der Kathodenstrahlen im homogenen Innern, sei es infolge negativer Ladung innerer Blasenwandungen, merklich stören, wie ich es eingehend in der zweiten Arbeit[1]) besprochen habe und wie es dort mit Rücksicht auf die großen Strahlintensitäten und die starke Absorption der Quanten wohl in Betracht zu ziehen war. Die Intensität der Radiumstrahlung betrug demgegenüber durchweg viel weniger als $^1/_{10}$ von derjenigen des beobachteten Leitungsstroms, und Stromumkehr zeigte auch dementsprechend niemals eine Änderung der Erscheinung. Es wäre allerdings naheliegend, das beobachtete allmähliche Ansteigen und Abfallen der Leitfähigkeit einer langsamen inneren Ladung und Entladung zuzuschreiben, wenn nicht neben den erwähnten Gründen auch die Tatsache bestände, daß dieselbe Erscheinung nach Herrn Righis Beobachtung bei flüssigen Isolatoren auftritt. Die Existenz des besprochenen Einflusses der Kathodenstrahlen auf homogene Isolatoren scheint mir darnach zweifellos sichergestellt.

1) l. c.
2) l. c. 1905.
3) Ann. d. Phys. 13, 394, 1904.
4) Diese Zeitschr. 6, 879, 1905. In dem mir vorliegenden italienischen Original fehlt diese Stelle.

1) Ann. d. Phys. 13, 417, 1904.

Kiel, den 2. Dezember 1905.

(Eingegangen 5. Dezember 1905.)

Bemerkungen über die elektrische Leitfähigkeit von Flammen.

Von J. F. Davidson.

Die Arbeit, über welche ich im nachstehenden kurz berichten will, wurde zu Beginn des laufenden akademischen Jahres auf Anregung und Anraten seitens des Herrn Professor Lewis an der hiesigen Universität in der Absicht unternommen, die Frage zu entscheiden, ob die Temperatur und das Elektrodenmaterial in einer Flamme irgendwelchen Einfluß auf die Leitfähigkeit der Flamme haben. Die bereits gewonnenen Ergebnisse sind so interessant, daß ich die Untersuchung weiter fortführen werde in der Hoffnung, zu einer befriedigenderen Theorie der Flammenleitfähigkeit zu gelangen, als solche

gegenwärtig existiert. Bislang ist noch keine Verfeinerung der Apparatur versucht worden. Ein Gouyzerstäuber wird benutzt, um Salzlösungen in eine gewöhnliche Bunsenflamme einzuspritzen. Eine Akkumulatorenbatterie von 144 Zellen liefert eine E.M.K. von ungefähr 300 Volt, und ein D'Arsonal-Galvanometer zeigt die Stromstärke an.

I. Einfluß der Temperatur und des Elektrodenmaterials.

Was die Frage nach dem Einfluß der Elektroden auf die Leitfähigkeit anlangt, so sind schon seit vielen Jahren Tatsachen wie die nachstehend beschriebenen bekannt; eine genauere Kenntnis derselben besitzen wir seit den Hittorfschen Versuchen aus dem Jahre 1869.

1. Solange die Anode die Flamme wirklich berührt, scheint die Größe ihrer Oberfläche und des mit ihr in Berührung stehenden Teiles der Flamme keinen Einfluß zu haben. Es besteht noch eine Meinungsverschiedenheit (besonders zwischen Marx und Starke[1]) darüber, ob die Temperatur einen Einfluß besitzt. Die Unsicherheit über diesen Punkt rührt daher, daß, wenn die Anode so weit in die oberen Flammenzonen gebracht wird, daß ihre Temperatur sichtbar sinkt, daß alsdann auch die Stromstärke abnimmt.

2. Die Stromstärke nimmt mit der Fläche der Kathode in der Flamme zu.

3. Bekanntlich wächst die Stromstärke bedeutend, wenn man die Kathode in horizontaler Richtung von der Außenzone her gegen die Flammenachse hin verschiebt; man kann sie dagegen ohne irgendwelche Wirkung innerhalb einer beträchtlichen Entfernung vertikal in der Flammenachse verschieben. Allgemein benutzt man dünne Platindrähte oder Platten, welche die Flammentemperatur schnell annehmen; es scheint daher die Theorie allgemeine Annahme gefunden zu haben, daß nicht sowohl die Temperatur der Flamme, als vielmehr diejenige der Kathode selbst den hauptsächlich entscheidenden Faktor bilde für die Ionisation der Salzdämpfe oder der reinen Flammengase und somit auch für ihre Leitfähigkeit. Marx[2]) geht in dieser Hinsicht so weit, zu sagen: „Daß die Erzeugung der negativen Ionen in der Flamme von der Temperatur der Kathode abhängt, das war längst bekannt und ist so augenfällig, daß es gleich in den ersten Arbeiten auf diesem Gebiete von Hittorf festgestellt wurde."

4. Man scheint auch allgemein anzunehmen, daß das Kathodenmaterial einen Einfluß habe, doch ist diese Frage niemals gründlich untersucht worden, vielleicht deshalb nicht, weil die meisten Metalle bei Verwendung dünner Drähte in der Flamme leicht oxydiert werden oder schmelzen. Pettinelli[1]) fand eine besonders starke Zunahme der Stromstärke bei Verwendung von Platinelektroden und eine ganz außerordentlich starke Zunahme bei Verwendung einer Kathode aus Holzkohle. Er schrieb dieses Ergebnis der Porosität der Elektrode zu. Die richtige Erklärung wird weiter unten gegeben werden.

Zur Prüfung all der vorstehend mitgeteilten Ergebnisse benutzte ich als Elektroden Röhren von verschiedenem Querschnitt und aus verschiedenen Materialien, durch welche ich einen Wasserstrom aus einem isolierten Reservoir schicken konnte. Die Röhren bleiben so in dem heißesten Teile der Flamme ganz kalt.

Wie wohl mancher erwartet haben mag, ergab sich, daß, wenn überhaupt die Anode die Flamme berührt, ihre Temperatur, ihre Fläche und ihr Material keinen Einfluß haben. In vollkommenem Gegensatz zu der gewöhnlichen Ansicht ergab sich weiter, daß allein die Flächengröße und die Lage der Kathode einen Einfluß haben. Eine kalte Kathode gibt praktisch den gleichen Effekt wie dieselbe Kathode in derselben Lage, aber glühend. Die Stromstärke hängt somit ab von der Temperatur der Flamme, aber nicht von derjenigen der Kathode. Beobachtungen wie die folgenden können als typisch für die Ergebnisse angesehen werden: —

Es wurde als Kathode eine von einem Wasserstrom durchflossene Röhre von 1 cm Radius aus irgendeinem Leiter (*Fe*, *Pu*, *Al*, *C* usw.) benutzt; die Flamme wurde mit *NaCl*-Lösung beschickt. Es ergab sich:

Kathode	Galvanometerausschlag
im Flammensaum	2 cm
in der Flammenachse, aber noch gekühlt . .	40 „
in der Flammenachse, Wasserzufluß abgestellt, so daß die Kathode glühend werden konnte	ca. 41 „
	für gewöhnlich
kalt, in der Achse einer reinen Flamme . .	1 cm
glühend, in der Achse einer reinen Flamme .	1.9 „

Offenbar hat die Temperatur der Kathode mit der Leitfähigkeit der Salzdämpfe nichts zu tun, wenngleich sie diejenige der reinen Flamme etwas erhöht. Den kleinen Extrastrom, welcher beim Glühendwerden der Kathode auftritt, schrieb ich anfänglich der Aussendung von Korpuskeln zu; später erschien es mir indessen wahrscheinlicher, daß derselbe zurückzuführen sei auf geringe alkalische Verunreinigungen im Metall oder auf der Oberfläche desselben. In dieser Hinsicht ist das Platin ganz besonders interessant. Nur wenn man dasselbe noch lange Zeit, nachdem die Flammenfärbung verschwunden ist, weiter erhitzt, kann man es als wirklich rein ansehen. Dieser Um-

1) Verh. d. D. Phys. Ges. 1903, 1904.
2) Marx, Verh. d. D. Phys. Ges. **4**, 442, 1902.

1) Pettinelli, Atti Acc. d. Lincei (2), 1, 118, 1896.

stand dürfte ein Resultat erklären, welches Wilson (Phil. Trans. 1899) erhalten hat. Wilson fand nämlich ein bedeutendes Ansteigen der Stromstärke, wenn er ein geerdetes Platinblech zwischen die Elektroden in die Flamme brachte. Er schrieb dies der Emission negativer Ionen aus der unabhängigen glühenden Oberfläche zu. Verschiedene Forscher haben vergeblich versucht, diese Beobachtung zu wiederholen. Es gelang mir nicht, dieses Ergebnis mit sorgfältig gereinigtem Platin zu erhalten, dagegen erhielt ich es mit Platin, lange nachdem das Salz auf der Oberfläche desselben aufgehört hatte, die Flamme zu färben.

Mit einem sorgfältig gereinigten Platindraht als Kathode in einer reinen Flamme läßt sich ein Galvanometerausschlag von etwa 0,4 cm erreichen; es dauert indessen nahezu 2 Sekunden, bis die Stromstärke diesen Wert erreicht; in allen anderen Fällen scheint die Stromstärke augenblicklich zu ihrem Maximalwert anzusteigen, sobald die Kathode eingeführt wird. Spätere Entwickelungen mögen diesen Punkt erklären.

Ein aus calciniertem Zucker hergestellter, aber sehr poröser Kohlestab lieferte den gleichen Strom wie ein Metallstab von gleicher Dimensionierung, sowohl in einer reinen als auch in einer salzhaltigen Flamme. Dagegen lieferte eine Kathode aus Holzkohle wegen der in ihr enthaltenen Alkalisalze eine weit größere Stromstärke. Hierdurch erklärt sich das oben erwähnte Resultat Pettinellis.

II. Leitfähigkeit des mittleren grünen Kegels einer Bunsenflamme ohne eingeblasene Salzlösung.

Die folgenden Resultate scheinen bisher von niemandem beobachtet worden zu sein: Wenn die Luftzufuhr stark und infolgedessen der mittlere Kegel scharf ausgeprägt ist, so kann man in den oberen Flammenbezirken ähnliche Leitfähigkeiten erhalten, wie solche sich bei Salzdämpfen ergeben, sofern die Kathode in den mittleren grünen Kegel eingebettet wird. Auch hier ist wieder die Größe der Kathodenoberfläche wirksam, aber nicht ihre Natur, wie sich bei Verwendung eines Rohres mit Wasserkühlung zeigt. Ich stellte nun ein Paar Sonden-Elektroden her aus zwei nebeneinander angeordneten Quarzröhren, aus deren Ende je ein etwa 1 mm langer Platindraht hervorragte. In der folgenden Tabelle teile ich ein Beispiel der erhaltenen Ablesungen mit:

Elektroden:	Galvanometerausschlag:
in der oberen Gegend einer reinen Flamme	0,5 cm
unmittelbar oberhalb der Spitze des Kegels im heißesten Teile der Flamme	0,7 „
tangential zum Kegel	0,7 cm
im oberen Teile des Kegels eingebettet	10 „
im unteren Teile der grünen Oberfläche des Kegels und eben glühend	4 „
im oberen Teile einer mit Salz beschickten Flamme	20 „
eingebettet im Kegel einer mit Salz beschickten Flamme	30 „

Man ersieht, daß die von dem Kegel und vom Salzdampf herrührenden Leitfähigkeiten sich genau superponieren. Mit einer E.M.K. von 300 Volt wird keine Annäherung an einen Sättigungsstrom im Kegel erreicht; daraus erhellt, daß ein hoher Betrag der Ionisation auf einen kleinen Raum im Kegel lokalisiert ist. Der Kegel ist dasjenige Gebiet, in welchem in einer reinen Flamme chemische Reaktionen am heftigsten verlaufen, und anscheinend geht die Wiedervereinigung unmittelbar außerhalb desselben im Flammenkörper vor sich. Diese Ergebnisse stimmen ausgezeichnet überein mit denjenigen, welche im Vorjahre Herr Prof. Lewis bei seinen Untersuchungen über das Entweichen der Ionen aus einer Flamme gefunden hat und über welche demnächst in der Phys. Review berichtet werden wird. Herr Professor Lewis fand, daß außerhalb der Flamme sich die Salzionen langsamer wieder vereinigen als die von der reinen Flamme stammenden Ionen, und daß beide Ionenarten in ungefähr gleicher Zahl aus der Flamme entweichen. Wir finden somit, daß das Salz in der Flamme selbst überall im ganzen Flammenkörper in dissoziiertem Zustande gehalten wird, während die der reinen Flamme angehörigen Ionen sich unmittelbar außerhalb des Flammenkegels vereinigen.

III. Emission von Ionen aus Elektroden, welche mit Metallsalzen überzogen sind.

Über diesen Gegenstand ist in den beiden letzten Jahren sehr viel gearbeitet worden, besonders von Herrn Professor Wehnelt, dessen letzte Untersuchungen in den Annalen der Physik (4) **14**, 425—468, 1904, veröffentlicht worden sind. Ich teile hier einige Ergebnisse seiner Untersuchungen mit, die von besonderem Interesse mit Rücksicht auf die vorliegenden Versuche sind.

1. Ein Strom wird nur erhalten, wenn die erhitzten Elektroden mit Oxyden der zweiten Metallgruppe überzogen sind.

2. Bei Atmosphärendruck erhält man Ströme von der Größenordnung 10^{-5} Amp., wenn die überzogene Elektrode Kathode ist, und Ströme von höchstens $^1/_{10}$ dieser Größenordnung, wenn sie Anode ist.

3. Bei niederen Drucken wurden die Er-

scheinungen erhalten und Kathodenstrahlen gemessen.

Ich finde in der Flammenleitfähigkeit Erscheinungen, die vielen von diesen sehr ähnlich sind, erhalte indessen Stromstärken, welche außerordentlich viel größer sind, als sie jemals zuvor bei der Flammenleitung beobachtet zu sein scheinen. Platindrahtelektroden wurden mit Salzen verschiedener Metalle überzogen, jedoch nicht so stark, daß sich in der Flamme eine nichtleitende Perle bilden konnte. Die erhaltenen Stromstärken schwanken beträchtlich mit dem Überzug, indessen zeigen die im folgenden mitgeteilten Zahlen wenigstens die Größenordnung der Resultate.

1. Mit einer E.M.K. von 300 Volt und mit Überzügen von Salzen verschiedener Metalle auf der Kathode erhielt ich Stromstärken wie die folgenden:

KCl	$^1/_{40}$	Amp.,
$NaCl$, $NaOH$, $NaHCO_3$	$^1/_{60}$	„
$CaCl_2$, CaO	$^1/_{200}$	„
$MgCl$, $ZnSO_4$	$1 \cdot 10^{-3}$	„

Das einzelne Salz eines untersuchten Metalls scheint geringen Einfluß auf die Stromstärke zu haben, aber natürlich brennen einige schneller ab als andere. Im allgemeinen verdampfen die Alkalisalze in Zeiträumen von 1 bis zu 5 Min.; dagegen kann man bei Anwendung einer mit CaO überzogenen Kathode einen stetigen Strom von $^1/_{300}$ Amp. eine halbe Stunde lang aufrecht erhalten. Salze anderer Metalle als der Alkalien und der alkalischen Erden liefern keine derartigen Stromstärken. Wehnelt vermochte bei Verwendung elektrisch geheizter Elektroden kein Resultat zu erhalten, wenn die Kathode mit einem Alkalisalz überzogen war, und meinte, daß diese vielleicht zu schnell flüchtig seien. Es ist recht befremdlich, daß er das Resultat nicht erhalten hat.

2. Der starke Strom beginnt erst dann zu fließen, wenn die Kathode glühend ist, wenngleich die Flamme schon früher kräftig gefärbt sein kann. Vor Eintritt der Glut ist der Strom von derselben Größenordnung, wie er bei Anwendung einer eingeblasenen Salzlösung erhalten wird. Mit anderen Worten: Die Kathode muß die Temperatur der Flamme erreichen, damit das Salz auf der Oberfläche des Platins, während es seine Lage beibehält, ionisiert werden kann.

3. Andere Metalle als Platin liefern, als Kathoden verwendet, viel schwächere Ströme und verlieren in der Flamme viel schneller alles Salz von ihrer Oberfläche. Platin scheint die Salze an seiner Oberfläche oder in seinen Poren ganz besonders kräftig festzuhalten; das läßt sich leicht zeigen, wenn man beachtet, wie lange ein Platindraht eine reine Flamme färbt, nachdem man ihn eine kurze Zeit hindurch in eine Natriumflamme gehalten hat. Zweifellos erklärt diese Eigenschaft des Platins viele der früher beobachteten außergewöhnlichen Ergebnisse über die Flammenleitfähigkeit.

4. Bringt man die Anode in einen Teil der Flamme, welcher gänzlich frei ist von dem von der Kathode aufsteigenden Salzdampfstrom, so sinkt die Stromstärke auf etwa $^1/_{10}$ ihres Wertes hinab, obschon sie noch mehrere hundertmal größer ist, als bei Benutzung reiner Elektroden und eingeblasener Salzlösung. Zweifelsohne ist der Grund hierfür darin zu suchen, daß das Potentialgefälle an der Kathode bedeutend verringert wird, wenn sich das Salz auf der Kathodenoberfläche befindet, und daß das Anodengefälle nunmehr verhältnismäßig an Bedeutung gewinnt. Sonach muß die Anode in die günstigste Lage gebracht werden, um die besten Resultate zu liefern.

5. Die Stromstärke steigt ganz beträchtlich, wenn man die Elektroden näher aneinander bringt. Wahrscheinlich kommt dies daher, daß der Potentialgradient, zwischen dem Kathoden- und dem Anodengefälle, nicht bedeutend genug wird, um seinen Einfluß auf die Stromstärke geltend zu machen, wenn auch die Änderung der Bedingungen infolge der Lagenänderung das Resultat bei kleineren Stromstärken zweifelhaft macht.

6. Ist die Anode mit Salz überzogen, während die Kathode rein gehalten wird, so wiederholen sich all die oben angegebenen Erscheinungen, nur sind die Stromstärken jetzt im allgemeinen weniger als $^1/_4$ so groß. Das stimmt überein mit dem oben erwähnten Ergebnis Wehnelts, doch ist bislang noch keine Erklärung dafür gegeben worden, daß die Anode keine derartige Bedeutung besitzt, wenn Salzdampf in die Flamme eingeblasen wird.

7. Diese Eigenschaft gibt uns ein sehr interessantes Mittel zur Gleichrichtung eines Wechselstromes an die Hand. Wickelt man einen 4 cm langen Platindraht, der mit CaO überzogen ist, auf und benutzt ihn als Kathode gerade unter einer Anode in einer Flamme, so kann man mit einem Gleichstrom von 110 Volt eine halbe Stunde lang einen Strom von $^1/_{200}$ Amp. erhalten. Ein Wechselstrom von 110 Volt liefert bei derselben Zeitdauer einen sehr beständigen Gleichstrom von angenähert $^1/_{400}$ Amp.

Offenbar gehören alle unter I, II und III beschriebenen Erscheinungen derselben Klasse an und weisen alle wenigstens auf eine wichtige Verallgemeinerung hin, nämlich auf folgende: Je inniger die Elektroden, und besonders die Kathoden, mit dem Sitz der Ionisation verbunden sind, um so größer wird die Stromstärke sein, und die Ionisation in der Flamme beruht nicht auf der Temperatur der Elektroden, son-

dern auf der Temperatur der Flamme selbst, möglicherweise unterstützt durch das elektrische Feld. Wenn die Elektroden mit Metallsalzen überzogen sind, so rührt die Erhöhung der Stromstärke nicht von der Temperatur des Metalles der Elektroden her, sondern von der Temperatur des Salzes auf ihrer Oberfläche, unterstützt durch die Emission geladener Stromträger. Das weitere Studium dieser Erscheinungen dürfte einigen Aufschluß geben über die Beziehung zwischen elektrolytischer und korpuskularer Dissoziation und den Übergang zwischen beiden.

Berkeley, Kaliforn. Universität, 7. Nov. 1905.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 25. November 1905.)

Einige Bemerkungen zur Ionentheorie der elektrischen Entladungen.

Von K. v. Wesendonk.

Wer die Bearbeitungen des Gebietes der elektrischen Entladungen etwa in der vorletzten Auflage des mit Recht berühmten großen Werkes von G. Wiedemann oder in der ersten Auflage des Handbuches von Winkelmann vergleicht mit dem ausgezeichneten Buche von J. J. Thomson[1]) oder der Darstellung besagten Themas von Herrn Stark in der zweiten Auflage des genannten Handbuches[2]), der wird auch, wenn er kein unbedingter Anhänger der Elektronen- und Ionentheorie ist, doch wohl zugeben müssen, daß ein höchst bemerkenswerter Fortschritt in der zusammenfassenden Übersicht vorliegt. Die Vorgänge, welche sich bei den Entladungen abspielen, können an der Hand der Ionen- und Elektronentheorie mit einer Klarheit übersehen und selbst weitgehend quantitativ verfolgt werden, wie das zuvor nicht annähernd möglich gewesen. Gerade in Anbetracht und in voller Würdigung dieses Umstandes ist es aber wohl nicht unangebracht, auf einige Tatsachen hinzuweisen, deren Erklärung (nach der herrschenden Theorie wenigstens) anscheinend einige Schwierigkeiten bereitet, welche zu beseitigen wünschenswert erscheinen dürfte. Nach den Darlegungen über den sog. Entladeverzug, wie sie besonders deutlich von J. J. Thomson[3]) gegeben sind, sollte man erwarten, daß der eigentlichen Entladung ein einleitender allmählich ansteigender Strom vorangeht, der sich insbesondere während der Verzögerungsperiode ausbildet, welche ja bekanntlich oft recht lange andauern kann. Nach den Verfasser bekannten Darlegungen sieht man nun aber nicht recht ein, warum ein solcher einleitender Strom nur von fast verschwindender Dauer sein sollte, wie das erfahrungsgemäß der Fall. Verfasser hat seiner Zeit Gelegenheit gehabt, erhebliche Verzögerungen bei negativer Spitzenentladung zu beobachten in Wasserstoff.[4]) Zeigte sich bei diesen Untersuchungen schon überhaupt, daß die Spitzenausströmung plötzlich und in relativ bedeutender Stärke beginnt[5]), (l. c. S. 220) so bricht die negative Entladung förmlich explosionsartig hervor, besonders wenn relativ hohe Potentiale erreicht worden sind. Dabei ereignete es sich aber des öfteren, daß der eigentlichen Entladung kleinere, ganz kurz andauernde solche, als Zuckungen am Galvanometer bemerkbare, vorangingen, die aber nicht etwa in die Hauptausströmung sich umwandelten, sondern wieder einem stromlosen Regime Platz machten.[6]) Der Galvanometerausschlag, selbst wenn er recht merklich ist, verschwindet wieder, obwohl das Potential dabei noch ganz langsam weiter ansteigt. Hält man dieses eine Zeitlang (bis 5 oder 6 Minuten) konstant, so kann man Zucken erhalten ohne Eintritt einer wirklichen Entladung, in anderen Fällen erfolgt diese erst nach längerer Zeit auf wiederholtes vorangehendes Zucken hin.[7]) Es tritt also wohl vorübergehend genügend Ionisation ein, um einem Strome den Durchgang durch das Gas zu gestatten, aber sie steigt nicht allmählich bis zu der Höhe an, welche der wirklichen Entladung entspricht. Es scheint eben doch das betreffende Phänomen komplizierter zu sein als die Ionentheorien, soweit sie Verfasser bekannt sind, annehmen. Die Entladung macht eben durchaus den Eindruck eines disruptiven Vorganges, bei dem ein gewisser Widerstand plötzlich durchbrochen wird. Das geht auch aus den Versuchen von Semenow[8]) (und Bonty) hervor, wie aus Beobachtungen von Herrn O. Lehmann[9]), welch letzterer sich entschieden gegen die Ionenbewegung vor Eintritt der Entladung ausspricht. Die von Herrn

1) Conductivity of electricity through gases, Cambridge University press 1903.

2) Handb. der Phys. her. von Winkelmann, 2. Aufl. Bd. IV, 2, S. 454—653. 1905. Joh. Ambr. Barth, Leipzig.

3) l. c. S. 383. Before the spark reaches a steady state there is a preliminary stage during which the number of ions is continually increasting. On the first application of the field the number of ions and the current through the gas is small, but . . . . . the number of ions and the current rapidly increases until finally a steady state is reached. This interval is what we have called the „lag."

1) Wied. Ann. **60**, 209—230, 1897.

2) Die im Spiegelgalvanometer beobachtete Skala erhält fast immer einen recht merklichen Stoß bei Eintritt der Entladung.

3) Vergl. Wied. Ann. **65**, 116—122, 1898.

4) Dabei ist zu beachten, daß das von den Entladungen durchsetzte Gas staubfrei war.

5) Recherches experim. sur l'étincelle etc. Ann. de chim. et phys. (8) **2**, 345—432, 1904.

6) Magnetischer Wind etc., Karlsruhe, Braunscher Verlag 1905.

Kaufmann[1]) und neuerdings besonders von Herrn Simon[2]) dargelegte Theorie der Stabilität der Entladungen bedarf für das Eintreten labiler Zustände und damit der plötzlichen Änderungen in der Art der Entladungen selbst erst noch der Erklärung. Diese scheint für das Eintreten der Bogenentladungen in der gehörigen Erhitzung der Elektroden (insbesondere der Kathode) zu bestehen. Für den Übergang der elektrischen Zerstreuung in Gasen, (wie sie von Elster und Geitel nachgewiesen wurde) in den Spitzenstrom (oder dgl.), für welche nach Herrn Kaufmann[3]) nicht einmal ein labiler Zustand vorliegt, fehlt aber eine nähere Erklärung des plötzlichen Eintretens der neuen Entladungsart (wie das der Fall in Verfassers oben erwähnten Versuchen) wohl noch gänzlich vom Standpunkte der Ionenlehre aus.

Nach Herrn Stark (l. c. S. 627) geht der Funke als selbständige Strömung aus von einem kurz dauernden Spitzenstrome, verwandelt sich rasch in einen Glimmstrom und kann bei genügender Erhitzung der Elektroden noch in einen Bogenstrom unter Entwickelung von Metalldampf übergehen.[4]) Verfasser hat bei Gelegenheit von Untersuchungen über polare Unterschiede bei elektrischen Entladungen auf die Bedeutung von den Funken (insbesondere an der Anode) vorangehenden (Spitzen) Ausströmungen nachdrücklich hingewiesen.[5]) Sie erklären die polaren Unterschiede, wie sie bei den sog. Ventilwirkungen und verwandten Erscheinungen zu beobachten sind. Wo plötzlich entstehende Funken solch polar verschiedenes Verhalten zeigen, nahm Verfasser[6]) als Ursache davon eine dem Funken unmittelbar vorausgehende momentane (Büschel-Glim oder dgl.) Ausströmung an, die sofort in den Funken übergeht. Es erschien dann aber auch geboten, sog. reine Funken anzunehmen[7]), bei denen vorangehende andersartige Entladungen jedenfalls äußerst zurücktreten. Nach Herrn Kaufmann tritt ja in der Tat der Fall ein, daß nur Funkenentladung möglich ist (l. c. S. 165). Alsdann glaubt aber Verfasser, nach seinen Beobachtungen mit Bestimmtheit annehmen zu können, daß polare Differenzen nicht vorhanden sind bei solchen reinen Funken, wenigstens in betreff des Anfangspotentials. Bei solchen reinen Funken zwischen einer abgeleiteten Platte und einer positiven oder negativen geladenen Kugel (resp. Spitze) fanden sich auch sogar die entladenen Elektrizitätsmengen als merklich gleich in beiden Fällen.[1]) Herr Heydweiller hat sich ebenfalls eingehend mit unserer Frage beschäftigt und kommt in Übereinstimmung mit Verfasser zu dem Schlusse, daß selbst bei Elektroden mit verschiedener Krümmung für Funkenpotentiale keine polare Differenz auftritt, wenn störende Influenzen ganz vermieden werden.[2]) Würden in solchen Fällen etwa nur Verzögerungen dieses Resultat vortäuschen, so wären doch wohl nicht gleiche entladene Elektrizitätsmengen zu erwarten. Auch fand bereits Verfasser[3]) bei frei in der Luft endigenden Elektroden durchaus nicht mehr stets kleinere negative Entladungspotentiale und Herr Heydweiller[4]) konnte unter solchen Umständen keinen sicheren polaren Unterschied mehr konstatieren für Anfangspotentiale.[5]) Wenn Verfasser die Auseinandersetzungen der Ionentheorie richtig versteht, ist es der Unterschied zwischen der Ionisierungsspannung der positiven Ionen gegen das Gasinnere und gegen das Kathodenmetall, welcher die polaren Differenzen bei den Anfangspotentialen bedingt.[6]) Die katalytische Wirkung des Metalles erleichtert die Ionenbildung gegenüber dem Gasinneren und bewirkt daher den Beginn der Entladung an einer negativ elektrisierten Elektrode cet. par. bei kleinerer Spannung als bei positiver Ladung. Darnach müßte man aber wohl stets entsprechende polare Unterschiede finden bei Elektroden von verschieden großer Krümmung, je nachdem die stärker gekrümmte positiv oder negativ geladen, während die andere etwa abgeleitet bleibt. Ja selbst bei

1) Ann. d. Phys. **2**, 158—178, 1900.

2) Diese Zeitschr. **6**, 297—319, 1905. Elektrotechn. Zeitschr. **26**, 818—823 u. 839—845, 1905.

3) l. c. S. 165.

4) Vgl. Simon (l. c. S. 314), der einen Funken nur bei Eintreten von Bogenentladung als vorliegend anzusehen scheint, während nach Stark schon Glimmentladung dazu genügt. Überhaupt scheinen auch die ionentheoretischen Betrachtungen beider Herren nicht ganz zusammenzustimmen, die Bedeutung positiver Ionen tritt bei Herrn Simon anscheinend nicht so hervor.

5) Wied. Ann. **30**, 43 u. 47, 1887; **31**, 319—320, 1887.

6) Naturw. Rundsch. **37**, Extrabeilage 1887.

7) In den Fortschr. der Phys. für 1887, S. 520, ist in dem Referate über meine Arbeit in Bd. 30 von Wied. Ann., S. 1—51, zu dem Befunde, polare Verschiedenheiten seien bei reinen Funken nicht vorhanden, bemerkt: die dunkle Stelle im Funken wäre zu beachten. Auf diesen Punkt hätte Verf. allerdings in seiner Arbeit eingehen sollen. Wie in G. Wiedemanns Darstellung der elektrischen Entladungen eingehend erörtert und wie man auch leicht selbst beobachten kann, tritt die erwähnte dunkle Stelle vornehmlich bei sog. schwachen Funken, die den Übergang zu Büschelentladungen bilden, auf, bei geradlinigen starken Flaschenfunken ist sie nicht mehr zu bemerken. Solche Funken letztgenannter Art meinte aber Verf., wenn er von Funken resp. reinen Funken sprach. Mit den sog. schwachen Funken sind aus leicht begreiflichen Gründen nur schwer bestimmte Resultate zu erhalten.

1) Wesendonk, Naturw. Rundsch. **37**, Extrabeilage, 1887.

2) Wied. Ann. **48**, 227, 1893.

3) Wied. Ann. **30**, 34, Anm. S. 32, 33, 39, 41, 1887. Bd. **49**, 395, 1893.

4) Wied. Ann. **48**, 117, 1893.

5) Verf. hat l. c. S. 34, Anm. 1, einen Fall erwähnt, wo weder Beginn noch Aufhören des Ausströmens eine polare Differenz zeigen.

6) Stark, l. c. S. 542.

gleich gestalteten Elektroden und der Annahme, die Entladung beginne stets an der Kathode, müßten polare Differenzen auftreten, falls eine der Elektroden zur Erde abgeleitet ist. Denn das Potentialgefälle ist ja an beiden Elektroden im allgemeinen dann nicht gleich, die nur durch Influenz erregte Kathode ist sozusagen weniger wirksam als die direkt geladene, wir haben den Fall vor uns, den G. Wiedemann und Rühlmann[1]) schon vor längerer Zeit behandelten. Nun scheint aber aus den vorhandenen früheren wie späteren genaueren Messungen hervorzugehen, daß zwischen abgeleiteter und geladener Kugel der Funken eintritt bei demselben Potentiale ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Elektrizität an dem isolierten Pole, was nach Verfassers und Herrn Heydweillers Beobachtungen ja auch bei reinen Funken entschieden anzunehmen ist. Paschen[2]) hat dies direkt allerdings nur bei kleinen Funkenstrecken konstatiert, da sonst störende positive Büschel auftreten. Baille[3]) scheint allgemein Gleichheit der Funkenpotentiale verschiedenen Vorzeichens anzunehmen, wenn Forscher wie Freyberg[4]) bei kleinen Kugeln und nicht zu kleinen Abständen größere positive Entladungspotentiale fanden, so ist es eben fraglich, ob man hier es noch mit reinen Funken zu tun hat. Leider haben hierauf die Beobachter nur wenig geachtet. So mag denn bei manchen bemerkten Unregelmäßigkeiten, z. B. kleineren positiven als negativen Spannungen, wohl kein eigentliches Anfangspotential vorgelegen haben, sondern Funkenbildung innerhalb eines bereits vorhandenen Glimm- oder dergl. Stromes eingetreten sein. Innerhalb einer solchen Entladung bilden sich aber positive Funken erheblich leichter als negative. Indessen kann der positive Büschel unter Umständen ebensoviel Elektrizität cet. par. entladen als die negative Ausströmung, besonders bei hohen Spannungen und weiten Entfernungen der abgeleiteten Platte von der ausströmenden Elektrode[5]) tritt der polare Unterschied zugunsten der negativen Ladungen durchaus nicht mehr notwendig auf. Hier muß also wohl die größere Beweglichkeit der negativen Ionen (Elektronen) durch andere Einflüsse kompensiert werden, wenn man die cet. par. größeren negativen Stromstärken durch jenen Umstand wie üblich zu erklären sucht. Wenn gelegentlich einmal ein Glimmstern oder ein Büschel bei besonders kleinem positiven Potential aufblitzt, so kann man freilich darauf nicht allzuviel Gewicht legen, solange man nicht weiß, ob etwa ein in dem umgebenden Gase suspendiertes Teilchen durch seine Annäherung die Entladung frühzeitig hervorgerufen, oder ein ähnlicher Vorgang stattgefunden hat. Aber wo der reguläre polare Unterschied nicht sporadisch, sondern mit Regelmäßigkeit fehlt, da bedarf dies doch wohl einer besonderen Erklärung, welche zurzeit noch aussteht. Hier sei ferner noch auf die Teslaentladungen hingewiesen, welche eine Überwiegen positiver Ausströmung bekanntlich zeigen. Nun hat jedoch seinerzeit Herr Himstedt[1]) (wie bereits zuvor Verfasser) beobachtet, daß bei geeignet großer Entfernung zwischen entladender Elektrode und Auffangplatte ein Überschuß von negativer Elektrizität zutage tritt, also dasjenige Verhalten, welches man nach den regulären Eigenschaften des negativen Stromes erwarten sollte. Herr Himstedt und andere Forscher haben diesen Befund verallgemeinert, indem sie nachwiesen, daß in verschiedenen Medien ein solcher Wechsel der Elektrisierung nachzuweisen sei, nur liege die Stelle, an welcher der Wechsel im Vorzeichen eintritt, in verschiedenen Entfernungen von der ausströmenden Elektrode (so in Wasserstoff z. B. ganz nahe). Eine solche äußere Zone negativer Ladung ist nun nach J. J. Thomson zu erwarten[2]) in Anbetracht der größeren Beweglichkeit der negativen Ionen. Indessen hat Verfasser Teslaentladungen aus einer Spitze beobachtet, bei denen noch beinahe 6 Meter von der ausstrahlenden Elektrode entfernt positive Ladungen im Luftraume wie an einer auffangenden Platte erschienen, und auch seitlich von der entladenden Spitze zeigte sich nur positive Elektrisierung.[3]) Dabei sind durchaus nicht sehr hohe Spannungen zu solchem Erfolge notwendig, wie Thomson anzunehmen scheint. Es dürften vielmehr die durch den sehr schnellen Ladungswechsel bei den Teslaströmen hervorgerufenen stark disruptiven Entladungen (relativ schön ausgebildete positive Büschel) besonders geeignet sein, verhältnismäßig große positive Elektrizitätsmengen fortzutreiben, welche Auffassung Verfasser auch besondere mit einem Funkeninduktor angestellte Versuche nahelegten. Eine nähere Erklärung der verschiedenen Formen der leuchtenden Entladungen und ihres polar verschiedenen Verhaltens ist, soweit Verfasser bekannt, auch vom Standpunkte der Ionentheorie aus bisher noch nicht gegeben worden, der Versuch dazu dürfte aber wohl

1) G. Wiedemanns Elektrizität, vorletzte Auflage, Bd. IV, S. 463, 1885.
2) Wied. Ann. **37**, 76, 1889.
3) Baille, Ann. de chim. et de phys. (5) **25**, 503 u. 528, 1882.
4) Wied. Ann. **38**, 246, 1889.
5) Wied. Ann. **30**, 38 u. 39, 1887.

1) Wied. Ann. **52**, 473, 1894 und **68**, 294, 1899.
2) J. J. Thomson, l. c. S. 405.
3) Diese Zeitschr. **4**, 465—469 u. 580—581, 1903.

des Interesses nicht entbehren. Erwähnt seien endlich hier noch die große Empfindlichkeit gewisser Entladungsarten [1]) gegen Veränderungen des umgebenden Mediums (wie bei positiven Glimmen) und gewisse, wohl noch nicht geklärte Diskordanzen [2]), auf die Verfasser bereits früher hingewiesen.

1) Wied. Ann. **65**, 555, 1898.
2) Diese Zeitschr. **3**, 45—46, 1901.

(Eingegangen 12. November 1905.)

Ein kleines Saiten-Galvanometer mit photographischem Registrier-Apparat.

Von M. Edelmann jun.

Historisches.

Durch Léauté wurde im Jahre 1897 in einer Sitzung der französischen Akademie der Wissenschaften (siehe Comptes rendus etc. CXXIV. Seite 1440) eine Note von Ader über einen neuen Registrierapparat für submarine Kabel vorgelegt. Da dieser das erste Saiten-Galvanometer darstellt, so dürfte es interessieren, hier etwas näher auf seine Konstruktion, Empfindlichkeit und damalige Anwendung einzugehen.[1])

Die ausführlichste Beschreibung des Apparates findet sich in L'Éclairage électrique, 7. Aug. 1897, Seite 295, von Ingenieur F. Rossel. Der Verfasser zieht zunächst Vergleiche mit anderen Galvanometern und betont, daß die Herabsetzung der bewegten Masse und des Trägheitsmomentes Ader zur Konstruktion des Apparates veranlaßt haben.

Das Magnetfeld bestand aus einem sehr großen Lamellenmagnet in horizontaler Lage mit sehr enger (0,5 mm) Polöffnung. In diesem Feld ist ein Kupfer- oder Aluminiumdraht von (wie sich aus der Widerstandsangabe berechnen läßt) ca. 100 cm Länge und 0,02 mm Dicke vertikal gespannt. Wenn dieser von Strom durchflossen ist, dann wird er aus dem Felde in dem einen oder anderen Sinne gedrängt, je nachdem der Strom nach oben oder nach unten verläuft. Man betrachtet die Ausschläge im Mittel des Fadens, wo sie ihre größte Weite haben. Zur Beobachtung des Fadens sind die Polstücke durchbohrt, so daß die Mitte desselben sichtbar wird. Zur Ablesung bezw. Registrierung der Ausschläge verwendet Ader eine Petroleumlampe nebst Spalt, welche den an dieser Stelle durch Federflaum verdickten Schatten des Drahtes auf ein dahinter abrollendes lichtempfindliches Papier wirft und dort weiß auf schwarz schreibt.

1) Nähere Beschreibungen des Apparates siehe La nature 1897. II. S. 115. L'Éclairage électrique 1897. Seite 295. Elektrotechnische Zeitschrift 1897. S. 561.

Der Draht ist unten fest und wird oben durch ein variables Dynamometer verschieden gespannt, wodurch die Empfindlichkeit des Apparates geändert werden kann. Dieselbe ist so angegeben, daß ein Callaudelement (1,06 Volt) durch 3 Megohms noch deutlich sichtbare Ausschläge ergibt; nimmt man hierfür 1 mm an, so ergibt sich eine Empfindlichkeit von 1 mm $= 3 \times 10^{-7}$ Ampere; wäre statt direkter Ablesung ein Mikroskop mit 1000facher Vergrößerung verwendet worden, so ergäbe sich bereits eine Empfindlichkeit von 3×10^{-10} Amperes.

Das Instrument wurde, wie bereits erwähnt, zur überseeischen Kabeltelegraphie verwendet; es waren trotz der hohen Kapazität der Kabel eine Anzahl von 120 Stromstößen pro Sekunde möglich, also eine große Reaktionsgeschwindigkeit.

Auch in Verbindung mit einem Telephon hat Ader das Instrument benützt, indem er angibt, daß er durch Blasen auf die Membrane eines mit dem Galvanometer hintereinander geschalteten Telephons gute Ausschläge erhalten hat. Behufs Dämpfung wendete er einen Nebenschluß von 1000 Ohm an; auch eine Temperaturkompensation war vorhanden.

Nachstehende Figur 1 (aus La nature) zeigt

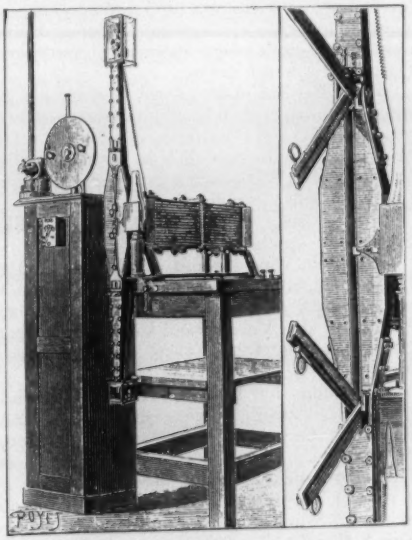


Fig. 1.

den Apparat sowie die Polschuhe, welche nach außen drehbar sind.

Das in Vorstehendem angegebene Prinzip verbesserte Einthoven 1903 ganz wesentlich,

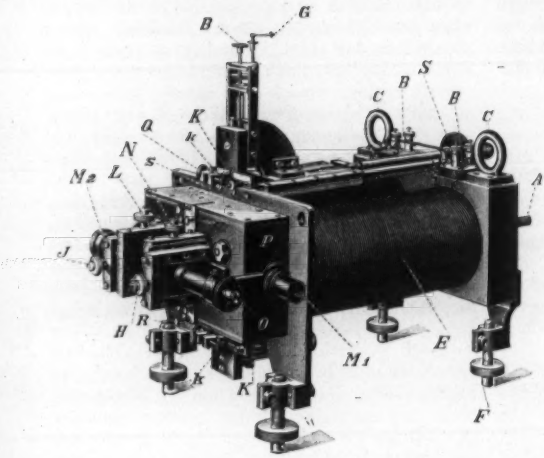


Fig. 2.

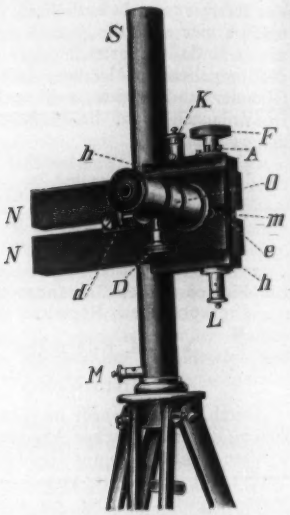


Fig. 3.

indem er an Stelle des permanenten einen Elektromagneten anwendete, die Ablesung durch Mikroskope verfeinerte und namentlich die Empfindlichkeit des Apparates durch Einführung eines ca. 10fach dünneren, versilberten Quarzfadens vergrößerte.

Derselbe bedingte natürlich auch die Anbringung entsprechender Mikrometervorrichtungen zum genauen Zentrieren des Fadens. Herr Professor Einthoven hat in liebenswürdiger Weise unsere Werkstätten mit der Anfertigung seines Modells betraut.

Figur 2 zeigt dasselbe und möge an dieser Stelle kurz beschrieben sein.

Das Feld wird erzeugt durch den kräftigen Elektromagneten E, der auf vier Stellschrauben wie F ruht. Zwei Ringe wie C und zwei Löcher in der Vorderwand dienen zum Transporte des ungefähr 75 kg schweren Instrumentes.

Zwischen den Polen P ist der Quarzfaden gespannt. Auf den Polen sitzen zwei Kreuztische für die beiden Ablese- und Beleuchtungs-Mikroskope. Die Pole sind durch zwei sorgfältigst gearbeitete Keile abgeschlossen.

Der Fadenträger ist durch Mikrometerschraube S aus dem Felde heraus zu bewegen. Der Faden ist oben und unten in Stifte eingelötet. Diese Stifte werden eingeklemmt und lassen sich vor- und rückwärts, links und rechts durch Mikrometerschrauben bewegen, so daß der Faden genau zentriert werden kann. Die Spannung desselben ermöglicht ein Mikrometerschlitten, welcher durch großes und kleines Zahngetriebe bewegt wird. Zum Einziehen der Fäden habe ich eine sehr bequeme Klammer konstruiert, analog derjenigen, welche ich weiter unten beschreiben werde. Bezüglich Empfindlichkeit, Dämpfung usw. siehe die Arbeiten Einthovens in den Annalen der Physik 1903, 4 und 5.

Das kleine Modell.

Die Erwägung, daß das eben beschriebene Originalinstrument für viele Zwecke zu schwer zu behandeln und auch zu teuer sein dürfte, hat mich veranlaßt, ein einfaches Instrument zu konstruieren, welches mir unterm 17. Februar 1905 gesetzlich geschützt wurde, Fig. 3 zeigt dasselbe in der Ansicht, Figur 4 im Querschnitte.

Das Magnetfeld wird erzeugt durch zwei kräftige, permanente Magnete $N\,N$. Zwischen denselben sitzt eine dicke Messingplatte m mit doppelkeilförmiger Öffnung, wie im Querschnitte von oben (Figur 5) deutlich sichtbar ist; in diese keilförmige Nut passen zwei Polschuhe aus weichem Eisen wie e (Fig. 5), in Mikroskophöhe durchbohrt. Die Messingplatten m tragen oben und unten zwei Hartgummistücke h, auf welchen die beiderseitigen Stromzuführungen angebracht sind. Der Faden ist oben und unten in einen dünnen Messingstift t mit Längsnut, in welchen eine Spitzenschraube eingreift, eingelötet. Der obere Stift trägt noch eine kleine Platte p (Fig. 4), gegen welche eine Spiralfeder f anliegt. Die Platte p liegt an der Mutter n an, die Spiralfeder an dem Teil r;

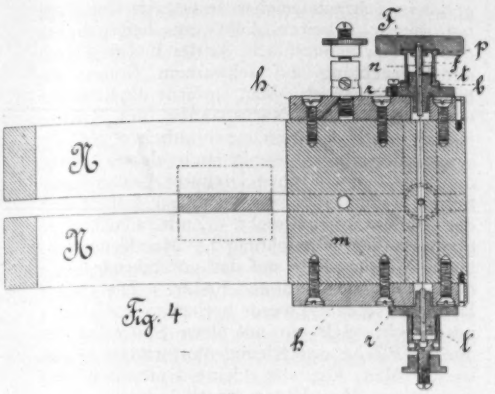


Fig. 4.

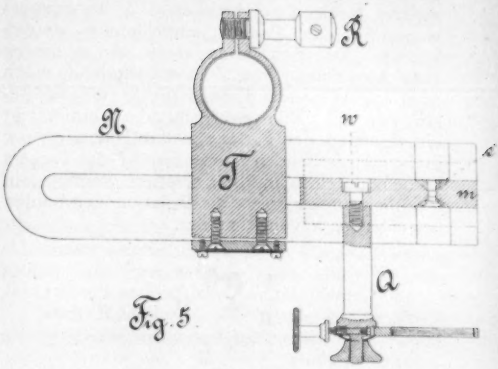


Fig. 5.

beim Einschrauben von n auf r wird die Feder f zusammengedrückt, Stift t senkt sich und entspannt dadurch den Faden; beim Aufschrauben von n spannt die Feder f den Faden, indem sie den Stift t mit seiner Platte p an n herandrückt. Die Aufwärtsbewegung ist begrenzt durch die Schraube A (Fig. 3), welche mit ihrem Kopfe über den Rand b (Fig. 4) der Mutter n greift und in bestimmter Höhe eingestellt ist. Dadurch ist ein Reißen des Fadens beim Spannen desselben unmöglich gemacht. Über n ist eine isolierende Hartgummiplatte F gesteckt. Am Rande von r ist eine Teilung, an n ein Zeiger angebracht, um die Einstellung der Spannvorrichtungen ablesen zu können. Die Klemmen K und L besorgen die Stromzuführung. Das ganze Instrument, dessen Magnete 162 mm lang, 35 mm breit, sowie 26 mm dick sind, wird von T (Figur 5) getragen. T hat eine ringförmige Stativklammer mit Knebelschraube R. Hieran wird der Apparat auf eine Stativstange, welche bei Klemme M (Fig. 3) zur Erde abgeleitet wird, aufgesteckt. Selbstverständlich läßt sich das Instrument auf jeder etwa bereits vorhandenen optischen Bank anbringen. An einem speziellen Träger Q ist das Mikroskop befestigt; dasselbe ist mit Mikrometerteilung und Trieb mit Zahnstange versehen.

Der ganze Apparat ist sehr einfach zu behandeln, leicht transportabel, sowie wegen seiner Einfachheit billig; er wiegt inklusive Mikroskop 2,250 kg, Fadenlänge ist 65 mm.

Bezüglich der Empfindlichkeit möchte ich hier nur bemerken, daß bei Entspannung des Fadens, von dessen Dünnheit die Empfindlichkeit wesentlich abhängt, bei 128facher Vergrößerung ein Quarzfaden von ca. 0,003 mm Dicke ein Strom von 8×10^{-10} Ampere einen Ausschlag von 1 mm ergibt. Bei noch dünnerem Faden ist es mir schon gelungen, knapp an 10^{-11} heranzukommen.

Bei Verwendung eines Silberdrahtes von 0,022 mm ergab sich eine Empfindlichkeit von 1 mm = ca. 10^{-5} Amp. Zu bemerken ist, daß diese Empfindlichkeit vollkommen ausreicht zur Demonstration einer großen Anzahl von Versuchen. Ich habe hiermit Mikrophonströme, unter anderem auch Herztöne durch Anschalten eines Phonendoskops an ein Kugelmikrophon registriert. Über einen erdmagnetischen Versuch hiermit werde ich weiter unten berichten.

Ein Wollastonfaden von ca. 0,01 mm ergibt 1 mm bei 10^{-8} Amperes. Die elektro-physiologischen Versuche mit dem verletzten und unverletzten Froschherzen lassen sich hiermit sehr hübsch demonstrieren; das menschliche Elektrokardiagramm ist deutlich erkennbar.

Zum Einziehen des Fadens habe ich zwei Vorrichtungen konstruiert.

1. die Klammer,
2. Spannvorrichtung für den unteren Suspensionsstift.

Die Einziehklammer (Fig. 6) hat zwei auf-

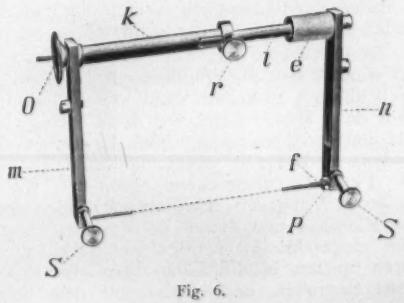


Fig. 6.

geschlitzte Messinglamellen m und n, zwischen welche durch die Schrauben S S die Suspensionsstifte des Fadens eingeklemmt werden können. Die Schrauben an m und n dienen zum Anklemmen von Zuleitungsdrähten, wenn man den Widerstand des Fadens eventuell bestimmen will. Mikrometerschraube o ermöglicht ein Spannen des Fadens in der Klammer; die ineinandergreifenden Stücke k und l des Trägers können durch Schraube r arretiert werden. Ein Elfenbeinstück e sorgt für Isolation der beiden Lamellen m n von einander.

Fig. 7.

Die Spannvorrichtung (Fig. 7) besteht aus einer Messingplatte b mit den beiden Randierschrauben v und u. Letztere dient zum Festklemmen des Suspensionsstiftes, während v die Bewegung der Platte b in unten folgender Weise besorgt. Das Einziehen eines neuen Fadens geschieht folgendermaßen:

Man nehme das Mikroskop durch Schraube W (Fig. 5) ab. Zwei Schrauben drücken die Magnete an die Statifklammer. Man entferne die Magnete nach Lösung dieser Schrauben. Alsdann sind die Poleisen abzuheben, worauf der Schlitz, in welchem der Faden sitzt, offen wird. Nun ist Klemme L abzuschrauben, ebenso F nach Entfernung von A. Unter L und F werden kleine Spitzenschrauben sichtbar, welche in die Längsnuten der Fadenstiftchen eingreifen. Diese beiden Schrauben, die kleinen Verschluß-Hartgummiwinkel, sowie die alten Stifte sind zu entfernen.

Es empfiehlt sich unter allen Umständen, das Einziehen vorerst mit dem jedem Instrumente beigegebenen Kupferdrahte einzuüben. Man faßt den Faden mit der Klammer (Fig. 6) ganz außen an den Stiftchen, klemmt diese fest und läßt dann sehr vorsichtig die Klemmschrauben am Versandbrettchen der Fäden nach; sodann hat man den Faden bruchsicher in der Klammer.

Es ist indessen immer die Seite der Klammer, auf welcher sich die Spiralfeder befindet, etwas nach abwärts zu halten, damit die Feder nicht über das Stiftchen herab auf den Faden gleiten und ihn zerstören kann. Nun führt man den Faden, nachdem er eventuell durch Schraube O (Fig. 6) entsprechend gespannt wurde, (äußerste Vorsicht!) ins Instrument ein, dreht die Klammer und damit die Stiftchen so, daß die eingeschraubten Spitzenschräubchen mit ihren Spitzen in die Längsnuten der Fadenstifte eingreifen, und klemmt mit dem beigegebenen Schraubenzieher fest. Als Unterlage bei diesen Arbeiten dient ein beigegebenes dünnes Hartgummiblech, da der Faden je nach der Beleuchtung auf schwarzem Grunde am besten sichtbar ist. Man entferne die Klammer und beginne das Nachspannen des Fadens. Hierzu wird das Spitzenschräubchen auf der Spiralfederseite ein wenig nachgelassen, sodaß der Stift bequem ohne Drehung gleiten kann. Schraubt man F langsam auf, so lockert sich der Faden immer mehr. Zum allmählichen Spannen dient Vorrichtung 2. Man klemmt die kleine Messingplatte auf das vorstehende Ende des Fadenstiftes ohne Feder. Die lange Randierschraube wurde vorher so weit herausgeschraubt, daß sie mit ihrer Spitze auf der oberen Fläche des Klemmenuntersatzes L aufsteht. Man löst die kleine Spitzenschraube und spannt den Faden durch langsames Einschrauben der langen Randierschraube, indem man wechselweise an letzterer, sowie an F dreht, bis F ganz aufgeschraubt ist. In dieser Stellung soll der Faden seine größte Entspannung, ohne jedoch irgendwo anliegen zu können, haben; dies, sowie die äußerste Spannung des Fadens läßt sich sehr leicht durch sanftes Anblasen des Fadens mit dem Mund konstatieren.

Nun zieht man die Spitzenschraube bei L fest an, entfernt die Spannvorrichtung und schraubt nach eventuellem Kürzen des Suspensionsstiftes mit einer Zwickzange (bei entspanntem Faden) die Klemme L auf. Sodann schraubt man die Arretierungsschraube A mit Hilfe des beigegebenen Stiftes ein, dreht F sehr langsam und vorsichtig zurück bis der Faden gespannt ist und läßt A an den Rand r (Fig. 4) anstehen. Ein eventuell notwendiges Zentrieren des Fadens kann nach Lösung der Befestigungsschrauben der Unterlagen von F und L ausgeführt werden, wobei man unter wechselseitigem, vorsichtigem Einlegen der Polschuhe e (Fig. 5) nach Entfernung zweier in m sitzender Schrauben auch von der Seite her zusehen kann. Nach Einsetzen der Hartgummiwinkel, der Polschuhe, Aufschieben der Magnete, Befestigen der Stativklammer, sowie des Mikroskops ist das Instrument wieder gebrauchsfertig.

Da das Einziehen eines neuen Fadens immer Übung, Geduld und eine sichere Hand erfordern wird, so dürfte es sich in den allermeisten Fällen empfehlen, das kleine Instrument in seinem Transportkistchen zum Ersatz des Fadens an mich zu senden, weshalb auch die Einzelvorrichtungen nur auf spezielles Verlangen beigegeben werden.

Zu betonen ist, daß der Quarzfaden keinesfalls mit mehr als 1×10^{-3} Ampere belastet werden darf, um ein Abschmelzen der Versilberung zu verhüten.

Das Galvanometer dürfte in Rücksicht auf

Störungs- und Erschütterungsfreiheit hauptsächlich bei Messungen auf See eine empfindliche Lücke ausfüllen.

Der Registrier-Apparat.

Das Instrument ist in Fig. 8 abgebildet. Auf einer schweren Gußeisenplatte G befindet sich der Lagerbock, an welchem eine zylindrische Messingdose mit Deckel D angebracht ist. In dieser läuft die Registriertrommel mit ca. 54 cm Umfang, so daß nach Befestigung des 50 cm langen Papierstreifens noch 4 cm freie Trommellänge übrig bleiben. Wozu diese dient, wird später erläutert werden. Ich verwende das in jeder Hinsicht vorzügliche Negativpapier von Dr. Schaeuffelen, Heilbronn a. Neckar. Ein Streifen von 6 cm Breite und 50 cm Länge kostet nur 20 Pfennig. Nach Einreiben mit Mandelöl lassen sich hiervon gleich gute Kopien, wie von den erheblich teuereren Films machen. Ein Kodakfilm von 6×9 cm für 12 Aufnahmen kostet bekanntlich M. 1.80.

Die Registriertrommel sitzt auf der Achse im Konus und ist mit einer Mutter festzuklemmen. Auf der Achse ist ferner der Schnurlauf S mit Stellringen zwischen den Lagerböcken B B, sowie ein weitgängiges Patronengewinde P angebracht, auf welches die Mutter M paßt. Letztere wird durch eine Feder angedrückt. Die Mutter M trägt rückwärts ein weiches Eisenstück E als Anker des Elektromagneten Z, abwärts eine Feder, welche beim Aufschrauben von M über den Achat a hinaus auf m drückt und den Strom schließt. Nach genau einmaliger Umdrehung der Trommel wird die Feder f durch das Elfenbein e von m abgehoben und dadurch der Strom wieder unterbrochen. Der Zeitpunkt des Abhebens läßt sich durch eine Verschiebung von r und s gegeneinander einstellen. Diese Kontaktvorrichtung dient zum Öffnen und Schließen eines Verschlusses V unter Erregung des Elektromagneten über demselben und Anziehung bzw. Fallenlassen des Eisenankers g hinter der Zylinderlinse c; letztere ist in Höhenlage und Entfernung von dem im Innern der Dose C angebrachten Spalte verstellbar. Hinter dem Spalt ist eine Millimeter-Glasteilung, welche die Ordinaten schreibt. Die Abszissen werden durch einen kleinen Elektromotor mit Speichenrad nach dem Frank-Gartenschen Verfahren aufgezeichnet.

Nach Befestigung des Papieres vermittels zweier Stahlfederklammern setzt man die Trommel, natürlich nur bei photographischem Dunkelkammerlicht, ein, dreht am Schnurlauf so lange, bis die Feder f gerade vom Achate weg Kontakt gibt, d. h. bis der Verschluß eben geöffnet ist. In dieser Lage steckt man die Trommel auf, so daß der vom Papier freie, ca. 4 cm lange Streifen auf derselben mit seiner Mitte vor den Spalt kommt. Alsdann dreht man S so weit zurück, daß M über P hinausgeschraubt ist, setzt den Deckel auf und kann die Projektionslampe entzünden. Der Anker E wird durch einen eigenen Stromkreis am Elektromagneten Z festgehalten. Jetzt läßt man den die Trommel treibenden Elektromotor laufen. Ich benütze hierzu einen kleinen Elektromotor mit Vorgelege von Köhler in Leipzig. Natürlich kann man auch ein passendes Uhrwerk zum Betriebe verwenden. Nach Eintritt konstanter Tourenzahl kann man registrieren.

Man unterbricht den Stromkreis von Z, der

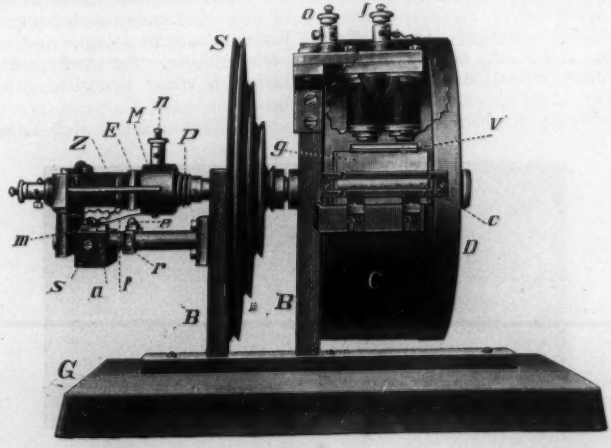


Fig. 8.

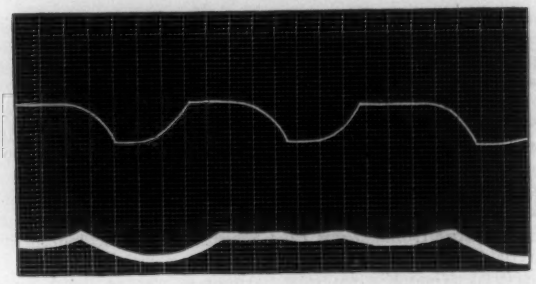


Fig. 9.

Anker E wird losgelassen, M schraubt sich auf P auf, f gleitet auf m, der Verschluß V öffnet und schließt sich nach einer Umdrehung. Vorher läßt man natürlich das Speichenrad oder sonstige Zeitmarkierungen laufen. Als Lichtquelle dient bei raschem Lauf eine Bogenlampe, bei langsamem genügt eine Nernstlampe oder Auerlampe mit Kondenser.

Um Stromstöße (Entladungen, Nervenströme usw.) einzuleiten, habe ich ein Helmholtz-Pendel meines Vaters benützt; das Pendel wurde dadurch ausgelöst, daß der Verschluß V bei seinem Hochgehen den Stromkreis des Pendel-Elektromagneten unterbrach. Eventuelle weitere Kontakte lassen sich sehr leicht und mikrometrisch genau verstellbar an der Patrone M parallel zur Feder f anbringen. Die Öffnung eines Stromkreises habe ich dadurch ausgeführt, daß der Verschluß in geschlossenem Zustande

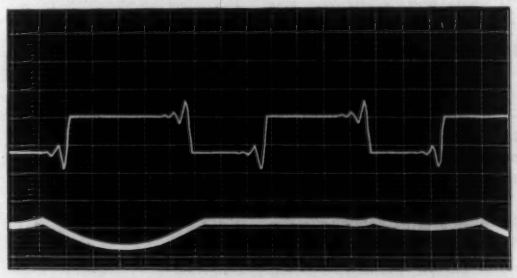


Fig. 10.

auf einem isolierten Platinstift aufliegt, während er beim Hochgehen sich an einen zweiten isolierten Platinstift anlegt, und so einen Stromkreis schließt. Bei Anfertigung der Figur 8 hatte ich diese Vorrichtung noch nicht angebracht.

Die Trommel läßt sich natürlich ganz leicht

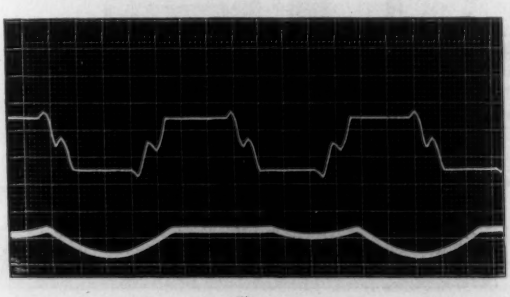


Fig. 11.

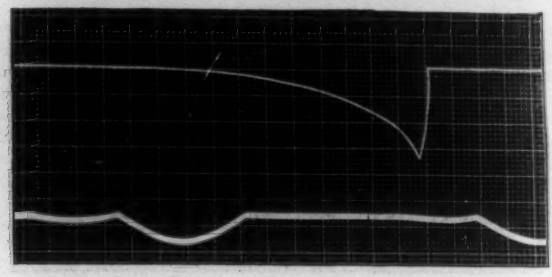


Fig. 12.

mit 2 Rollen für Papiervorrat ausrüsten, so daß man nach Anbringung eines einfachen lichtdichten Balges vom Mikroskopobjektiv bis zum Spalte bei vollkommenem Tageslicht arbeiten kann. Das Ab- bezw. Aufrollen des Papieres erfolgt dann durch einen am Deckel der Dose angebrachten Schlüssel.

Obwohl die Trommel als Schwungrad bei ziemlich konstantem Motor auch ziemlich konstant läuft, verwende ich einesteils zur Erreichung absoluter Konstanz, andernteils zur Bremsung auf verschieden raschen Lauf eine Foucault-Scheibe mit abgestuftem Schnurlauf. Eine Kupferscheibe läuft zwischen den Polen zweier kräftiger Elektromagnete, wie dies ja bei Elektrizitätszählern usw. eine althergebrachte Sache ist.

Als Beweis für das schöne Arbeiten der beiden Apparate füge ich einige Kurven an, wobei ich bemerke, daß dieselben getreue Faksimile-Holzschnitte nach den Originalaufnahmen sind. Zur Kontrolle habe ich einen Zeitschreiber nach Jaquet (Zimmermann, Leipzig) mitregistrieren lassen.

Wie bereits erwähnt, hängt die Empfindlichkeit wesentlich auch von der Fadenspannung ab, ebenso die Einstellungsdauer. Ich habe bei einem Instrumente die Kurve des Zusammenhangs von Fadenspannung mit Empfindlichkeit und Einstellungsdauern bestimmt. Beide gehen proportional. Die Einstellungsdauer bei ganz erschlafftem Faden kann sehr groß werden, wobei der Faden jedoch nicht immer in derselben Ebene bleibt. Proportionalität zwischen Ausschlag und Stromstärke ist gleichfalls gewahrt.

Auf eine weitergehende Diskussion der nachfolgenden Kurven gehe ich nicht ein, da mir die Zeit zu genaueren und zahlreicheren Beobachtungen mangelt.

Die Figuren 9 mit 11 sind mit einem ganz einfachen rundlaufenden Kommutator hergestellt, bei welchen man auf gleiche Dauer von Unterbrechung usw. keinen Anspruch machen konnte.

Figur 9 ist Stromschluß und Unterbrechung. Es bedeutet:

Ordinate: 1 mm $= 1 \times 10^{-7}$ Amp.,
Abszisse: 1 mm $=$ 0,0025 Sekunden. Diese Kurve ist bei mittelmäßiger Spannung des Fadens gemacht.

Figur 10. Stromschluß und Unterbrechung bei stark gespanntem Faden.

Ordinate: 1 mm $= 1{,}2 \times 10^{-5}$ Amp.,
Abszisse: 1 mm $=$ 0,002 Sekunden,
Schwingungsdauer: 0,062 Sekunden,
Schwingungszahl: ca. 16 pro Sekunde.

Figur 11. Ausschlag links, Unterbrechung, Ausschlag rechts, bei stark gespanntem Faden.

Ordinate: 1 mm $= 7{,}6 \times 10^{-5}$ Amp.,
Abszisse: 1 mm $=$ 0,0033 Sekunden,
Schwingungsdauer: 0,1188 Sekunden,

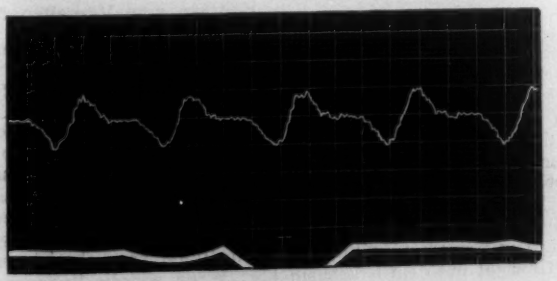


Fig. 13.

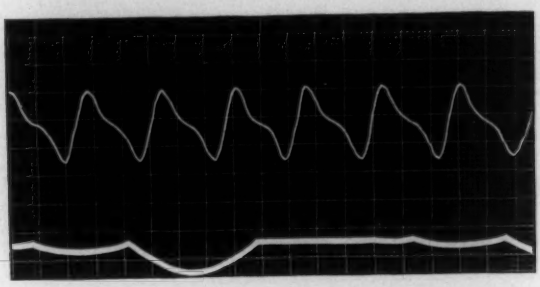


Fig. 14.

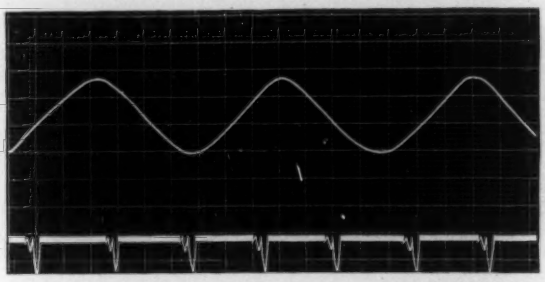


Fig. 15.

Schwingungszahl: ca. 8 pro Sekunde.

Bezüglich der Dämpfungen der Schwingungen mittels Kondensator siehe Einthoven, Annalen d. Physik, Band 16, 1905.

Figur 12. Entladung eines Kondensators bei mäßig entspanntem Faden:

Ordinate: 1 mm = 0,0001 Mikro-Coulomb,

Abszisse: 1 mm = 0,003 Sekunden.

Figuren 13 und 14 sind Aufnahmen mit einem Mikrophon. Figur 13 ist von einer frei gehaltenen Stimmgabel von 16, Figur 14 von 24 Schwingungen pro Sekunde. Die kleineren Unregelmäßigkeiten in Fig. 13 stellen Nebengeräusche vor; das Instrument selbst stand auf Steinsockel.

Die Abweichungen von der Sinuslinie dürften sich wohl mit Eigenschwingungen der Saite oder mit schlechter Übertragung durch das Mikrophon erklären lassen.

Diese Methode wäre sicherlich zum Vergleiche von Mikrophonen bzw. deren Güte vorzüglich verwendbar, da ja eine freischwingende Stimmgabel unter allen Umständen reine Sinusschwingungen ergeben müßte.

Figur 15 zeigt eine Erdinduktionskurve. Dieselbe ist dadurch hergestellt, daß ich einen 4 mm langen Kupferdraht an seinen Enden aufhängte, in der Mitte mit einem Gewichte belastete und dieses Gewicht mit dem Drahte hin und her pendeln ließ. Die Zeitmarken bedeuten hier je 1 Sekunde. Dies dürfte wohl ein sehr überzeugender Vorlesungsversuch sein, welcher sich auch schon mit dem Wollastondraht-Instrument (siehe oben) ausführen ließ.

Zum Schluß möchte ich noch bemerken, daß ich ein kleines Instrument mit Elektromagneten, sowie ein Elektrometer (D. R. G. M.) konstruiert habe, bei welchem an Stelle des magnetischen Feldes des Galvanometers ein statisches Feld tritt. Näheres hierüber werde ich in einer nächsten Abhandlung mitteilen.

München, 1. Dezember 1905.

(Eingegangen 5. Dezember 1905.)

Beiträge zum Verhalten der Seismographen.

Von Aurel von Büky.

Über die Fortpflanzung des Erdbebens in der Erde wurden mehrere Hypothesen aufgestellt, zwar fühle ich mich nicht befugt, dieselben zu kritisieren, glaube jedoch, daß das Ziel der Seismographen, ganz unabhängig von diesen Hypothesen, nur das einzige sein kann, daß dieselben die einzelnen Bewegungen der Erdkruste in bekanntem vergrößerten Maßstabe möglichst treu abzeichnen sollen.

Wenn wir die Bewegungen des Bodens bei den einzelnen Erdbeben auf jeder Station un-

seres Beobachtungsnetzes möglichst treu bekommen haben, nur dann kann irgendeine Hypothese von den aufgestellten einen vollständigen Beweis erhalten.

In welchem Grade die verschiedenen Instrumente diesem Ziele entsprechen, und ob die Diagramme der verschiedenen Seismographen vergleichbar sind, darüber möchte ich ein wenig sprechen.

Ich fange mit der einfachen Aufzählung jener Erfahrungen an, welche eben meine Aufmerksamkeit auf diese Frage richteten.

Zur Beobachtung der Erdbeben haben wir in O-Gyalla schon anderthalb Jahre lang zweierlei Seismographen: zwei Bosch-Schwerpendel und ein Vicentinipendel.

Die einzelnen Beben haben gewöhnlich beide registriert, so daß ich schon eine ausreichend große Serie zum Vergleichen habe.

Die Schwingungszeit des Boschpendels ist ∽ 15 Sec., die des Vicentinipendels ∽ 4,5 Sec. Wir können schon aus dieser einzelnen Tatsache ersehen, daß diese zwei Instrumente sogar von einem und demselben Erdbeben gründlich verschiedene Daten geben werden, weil das Boschpendel, wie man zu sagen pflegt, empfindlicher ist.

In die folgende Tabelle habe ich von einigen charakteristischen Erdbeben den Anfang des Bebens, das Ende, die Zeit und Größe des maximalen Ausschlags und die Dauer des Bebens aufgenommen. Zu einem jeden einzelnen Erdbeben gehören vier horizontale Zeilen: in dem ersten sind die Daten von Pendel Bosch *A* (gibt Ost-West-Stöße an), im zweiten die von Bosch *B* (Nord-Süd-Richtung), im dritten und vierten die *A* und *B* Diagramme vom Vicentinipendel gegeben.

Die einzige größtenteils beständige Abweichung zwischen den Daten der zwei Pendel ist die, daß das Bosch-Instrument die Dauer von Erdbeben gewöhnlich viel größer

Tabelle.

No.	Datum	Anfang	Ende	Zeitpunkt des Maximalausschlages	Größe des Maximalausschlages	Erdbebendauer
1.	20/I. 1905	$3^h49^m18^s$	$3^h57^m18^s$	$3^h52^m10^s$	3,0 mm	$0^h8^m00^s$
		3 47 52	3 56 20	3 53 18	2,0	0 8 28
		3 48 26	3 59 02	3 50 30	4,0	0 10 36
		3 48 45	3 55 35	3 51 00	1,0	0 6 50
2.	4/IV. 1905	2 11 25	5 15 15	2 36 01	12,0	3 3 50
		2 11 19	5 42 53	2 34 29	28,0	3 31 54
		2 11 25	3 45 45	2 16 35	2,0	1 34 20
		2 11 05	3 42 50	2 14 55	4,1	1 31 45
3.	1/VI. 1905	5 54 47	6 9 10	5 55 27	21,0	0 14 23
		5 53 22	6 15 07	5 55 42	28,0	0 21 45
		5 54 27	6 6 04	5 56 27	72,0	0 11 37
		5 53 32	6 10 18	5 56 30	46,0	0 16 46
4.	9/VII. 1905	10 49 25	13 4 48	11 12 32	132,0	2 15 23
		10 49 25	13 17 00	11 11 21	111,0	2 27 35
		10 49 25	11 9 37	11 6 27	9,0	0 20 12
		10 49 25	11 36 20	11 6 57	14,0	0 46 55
5.	11/VII. 1905	9 57 04	10 32 32	10 11 04	1,0	0 35 28
		9 57 04	10 43 10	10 11 14	2,0	0 46 06
		10 00 35	10 12 45	Mikroseismische Unruhe		0 12 10
		10 00 35	10 12 45			0 12 10
6.	23/VII. 1905	3 55 07	Feder ist von der Trommel abgesprungen			
		3 55 07	7 22 25	∽4 14 00	sehr groß	3 27 18
		3 55 45	5 54 52	4 13 15	27,0	3 59 07
		3 56 00	5 3 15	4 14 00	30,0	1 7 15
7.	4/VIII. 1905	6 11 03	6 31 03	6 13 55	5,0	0 20 00
		6 11 03	6 31 03	6 13 55	12,0	0 20 00
		6 10 56	6 19 33	6 13 05	12,0	0 8 37
		6 10 56	6 21 26	6 13 05	15,0	0 10 30
8.	8/IX. 1905	2 45 00	Feder ist von der Trommel abgesprungen			
		2 45 00	3 58 25	∽2 49 25	130,0 ?	1 13 25
		2 46 29	3 6 19	2 49 07	30,0	0 19 50
		2 46 29	3 3 04	2 49 07	43,0	0 16 35

Zeitrechnung von Mitternacht bis Mitternacht.

angibt, wie das Vicentinipendel. Eine andere regelmäßige Differenz kann auf das Verhalten der zwei Pendel nicht gefunden werden.

Bei den Erdbeben Nr. 2, 4, 5, 6 und 8 zeigt das Boschpendel eine größere maximale Amplitude (öfters 6—8 mal so groß wie das Vicentinipendel), bei der 3. und 7. hat wieder das Vicentinipendel eine größere gegeben. Bei dem ersten sind die Amplituden etwa gleich. Interessant ist auch das, daß dort, wo in der Dauer der Erdbeben größere Differenzen vorkommen, das Vicentinipendel immer viel früher das Schreiben beendigt, die Anfänge treffen sich bei allen Erdbeben ziemlich gut.

In Fig. 1 sind die Diagramme des Erdbebens Nr. 3 angegeben, damit der Leser eine Überzeugung habe, daß die Instrumente in Ordnung sind, und die großen Differenzen zwischen ihren Daten nicht vielleicht von schlechter Behandlung derselben herrühren.

Damit wir alle diese Erscheinungen nur annähernd erklären können, müssen wir auf den Grundgedanken der Seismographen hinweisen.

Ein ganz vollkommener Seismograph (in der Wirklichkeit können wir so einen nur annähernd anfertigen) muß aus zwei Hauptbestandteilen bestehen: aus einem Teile, welcher zum Boden befestigt ist, dieser macht also alle Schwankungen des Bodens mit, und aus einem in dem Raume feststehenden Teile, dieser darf also die Bewegungen der Erdkruste überhaupt nicht fühlen.

Wenn wir jetzt auf dem ersten Teile des Seismographen ein berußtes Papier befestigen, auf dem anderen wieder eine Spitze, welche das Papier berührt, so wird diese Spitze auf das Papier alle Bewegungen des Bodens abzeichnen.

Die Bewegungen des Bodens können freilich in einer beliebigen Richtung geschehen, so daß sie nur mit ihren drei Komponenten gegeben werden können; also eine Erdbebenstation braucht immer drei Apparate, zwei für die horizontalen Komponenten (in der Richtung N-S und O-W) und einen für den vertikalen.

Ein jeder Seismograph ist ein Pendel, dessen beweglicher Teil den Schwankungen der Erde nicht gleich folgt (siehe Fig. 2). Das Ende des Pendels berührt entweder unmittelbar oder mit Hilfe einer vergrößernden Übersetzung einen berußten Papierstreifen, was mit einer bestimmten Geschwindigkeit vor demselben weggezogen wird.

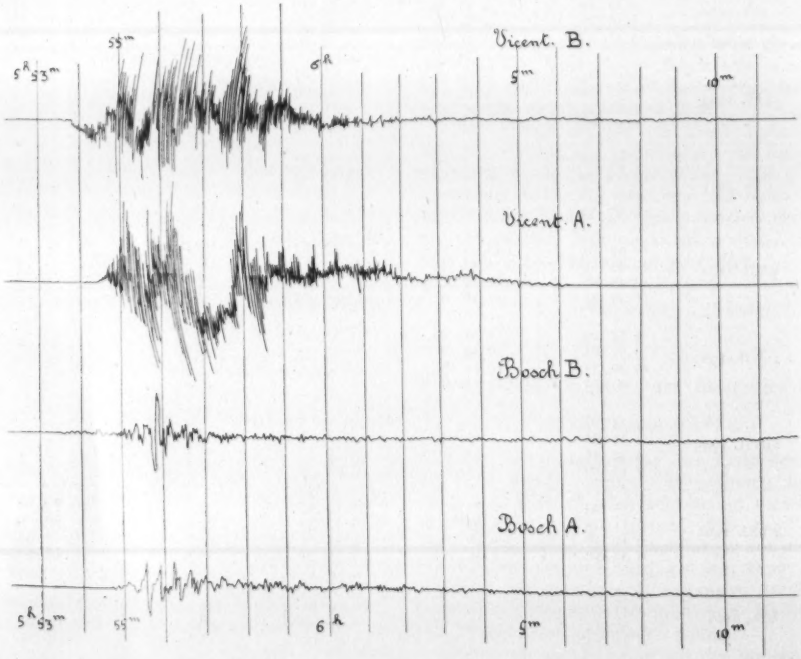


Fig. 1.

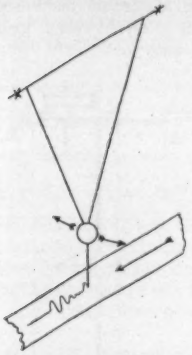


Fig. 2.

Auf diese Weise werden die Relativbewegungen des Pendels und des Papierstreifens in der Art einer Kurve, des sogenannten Erdbebendiagramms, auf das Papier abgezeichnet. Aus diesen Diagrammen will dann der Beobachter auf das Erdbeben selbst folgern.

In der Wirklichkeit wird der schwingende Teil des Pendels, unabhängig von den Bewegungen der Erde, nicht stehen bleiben, sondern er wird eine mehr oder weniger zusammengesetzte Bewegung ausführen, wie wir es später sehen werden, so daß dann der an demselben befestigte Schreibmechanismus das Erdbeben auch nicht treu niederschreiben wird.

Eine einfache Überlegung wird es uns gleich beweisen.

Nehmen wir an, daß das Erdbeben nur aus einem einzigen Stoße besteht, was macht dann unser Instrument? Das Pendel schlägt aus, aber bleibt nicht stehen, sondern es macht noch nach diesem Auschlage natürliche Schwingungen, so lange, bis es die Reibung nicht hemmt. Das Diagramm besteht aus einer Sinuslinie mit immer abnehmender Amplitude, wie die obere Zeichnung in Fig. 3 zeigt. Wenn der zweite

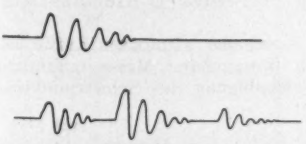


Fig. 3.

Stoß nun nach Ablauf dieser natürlichen Schwingung kommt, dann bekommen wir noch eine Sinuslinie usw., wie man es an der unteren Zeichnung der Fig. 3 sehen kann. In diesem speziellen Falle also sind wir noch immer orientiert von den Zeitpunkten und der Heftigkeit der Stöße.

Aber wenn der zweite Stoß dann kommt, wenn das Pendel noch sich von dem ersten Stoße her bewegt, wird dieser neue Stoß dann die Bewegungen des Pendels entweder noch vergrößern oder hemmen, geradeso wie die Richtung des Stoßes mit der momentanen Bewegungsrichtung des Pendels zusammenfällt oder das entgegengesetzte ist.

Zum Beispiel in Fig. 4:

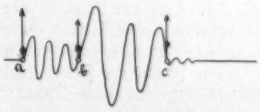


Fig. 4.

Das ruhende Pendel hat den ersten Stoß im Punkte *a* bekommen, fängt an zu schwingen und noch während der Schwingung bekommt es in *b* den zweiten Stoß, welcher seine Amplitude noch vergrößert. Später in *c* bekommt es einen solchen Stoß, welcher es beinahe zum Stehen bringt.

Wenn die Zeitintervallen dieser Stöße zusammenfallen mit der natürlichen Schwingungszeit des Pendels oder mit dessen mehrfachen, so kommt das Pendel in immer größere und größere Bewegungen, bis die Reibung denselben eine Grenze gibt.

Das sehr verschiedene, anscheinend widersprechende Benehmen der Vicentini- und Boschpendel bei den einzelnen Erdbeben können wir aus diesem schon vollständig erklären.

Wenn nämlich die Stöße eines Erdbebens in solchen Zeitintervallen kommen, daß diese sehr gut zusammenfallen mit der natürlichen Schwingungszeit des Boschpendels, dann wird dasselbe viel größere Amplituden ergeben wie das Vicentinipendel.

Der entgegengesetzte Fall kann zum Beispiel bei einem anderen Erdbeben vorkommen.

In die erste Gruppe gehören die Erdbeben Nr. 2, 4, 5, 6 und 8, in die zweite die Erdbeben 3 und 7.

Prüfen wir jetzt die verschiedenen Seismographen, in welcher Weise dieselben ihrem Ziele entsprechen, und in welcher Richtung hin sie noch eine Vervollkommnung brauchen.

Nehmen wir zuerst diesen einfacheren Fall, daß keine hemmende Kraft da ist, und die kleine Reibung, die in der Wirklichkeit immer existiert, nur die natürlichen Schwingungen des Apparates vernichtet.

Das Pendel eines Seismographen vollführt

immer eine mehr oder weniger erzwungene Schwingung.

Weil die weiter unten bei dem Wiechertpendel zu besprechende Theorie diesen speziellen Fall (ohne Hemmung) ganz auffaßt, sage ich hier nur die Endresultate und die aus ihnen entnommenen Folgerungen.

Wenn die Schwingung des Erdbebens viel langsamer ist, wie die natürliche Schwingung des Pendels, dann bewegt sich das freie Ende desselben beinahe vollständig mit ihrem Aufhängepunkte mit, gibt überhaupt keinen fixen Punkt: der Apparat registriert nicht.

Wenn aber die natürliche Schwingung des Pendels viel langsamer ist wie die des Erdbebens, dann bleibt ihr freies Ende beinahe stehen, gibt einen guten fixen Punkt: der Apparat kopiert das Erdbeben ganz treu.

Zweckmäßig ist es also, ein Pendel mit möglichst großer Schwingungszeit zu wählen, damit nicht der Fall vorkommen kann, daß eine langsame Erdschwankung die Daten des Instrumentes ganz verfälscht. Die Periode des Erdbebens tritt allgemein sogar auch in den Vergrößerungsgrad des Pendels ein, aber zum Glück nimmt dieser Einfluß mit der Vergrößerung der Schwingungszeit am Pendel sehr stark ab.

Es ist zum Beispiel schon genügend, wenn die natürliche Schwingungszeit des Pendels 10-mal so groß ist wie die des Erdbebens, dann steht sein freies Ende beinahe ganz fest, schwankt nur mit etwa $^1/_{100}$ Amplitude des Bebens, so daß der Apparat das Erdbeben mit 1 Proz. Fehler schon ganz schön niederschreibt.

Wir können mit 4—5 Proz. Fehler zufrieden sein, also ist es genügend, wenn die natürliche Schwingungszeit des Instruments nur 5 mal so groß ist wie die Schwingungszeit des langsamsten Erdbebens, das wir noch mit demselben beobachten wollen.

Die Schwingungszeit des Vicentinihorizontalpendels pflegt ca. 5 Sek. zu sein, also nur Stöße, die in 1 Sek. oder noch kleineren Zeitintervallen vorkommen, registriert es treu, eine jede langsamere Bewegung der Erde wird es mehr oder weniger verunstaltet wiedergeben.

Besser sind schon die Boschpendel, weil die Beobachter ihre Schwingungszeiten auf ca. 15 Sec. einzustellen pflegen, so daß die maximale Grenze des noch treu registrierbaren Erdbebens doch schon 5 Sec. ist.

Den die vertikalen Stöße angebenden Apparat von Vicentini können wir überhaupt als einen Registrierapparat nicht ansehen, weil seine Schwingungszeit 0,1—1 Sek. ist, so daß er mit seiner Bewegung nur das Dasein des vertikalen Stoßes oder der vertikalen Stöße angeben kann, weitere Aufklärungen bekommen wir durch denselben überhaupt nicht.

Das bisher allgemein als bestes anerkannte Wiechertsche Pendel wird gehemmt. Sein Schema zeigt Fig. 5.

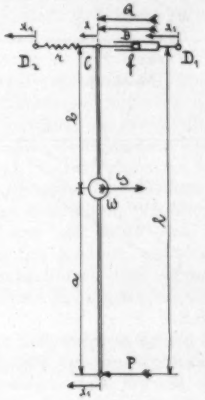


Fig. 5.

Der Arm l ist an der Achse A verdrehbar aufgestellt, in der Entfernung a ist an ihm das Gewicht W angebracht. Am Ende von Arm l, im Punkt c, ist die Feder r befestigt, diese verhindert das Umfallen des Pendels, wenn es bei den Schwankungen aus seinem labilen Gleichgewicht herauskommt. Auf demselben Punkte ist auch noch der Zylinder f befestigt, welcher die Hemmung pneumatisch vollführt, ähnlich dem automatischen türschließenden Apparate.

Auf das Pendel wirken:

a) Bei dem Stoße des Erdbebens wirkt derselbe auf den Punkt A mit der Kraft P. Während des Stoßes bewegen sich die Punkte D_1, D_2 und der Stützpunkt des Pendels samt der Erde mit der Entfernung x_1, der obere Punkt C des Pendels jedoch nur mit der kleineren Entfernung X weiter.

b) Das Gewicht W mit der Kraft G.

c) Der Feder r mit der Kraft Q.

d) Der Hemmungszylinder f mit der Kraft B.

Nach der ersten D'Alembertschen Gleichung:

Die Resultante sämtlicher Kräfte ist gleich der sich bewegenden Masse multipliziert mit der Beschleunigung des Schwerpunktes.

Also:

$$P - G + Q + B = \frac{W}{g}\cdot$$

(Die Beschleunigung des Schwerpunktes.)

Da sind aber:

$$G = W \triangle \alpha = -W\frac{x - x_1}{a + b}$$

$$Q = -C(x - x_1)$$

(Proportional der Spannung von der Feder)

$$B = -d(x' - x_1')$$

(Proportional der relativen Geschwindigkeit der Hemmzylinder)

und:

die Beschleunigung des Schwerpunktes

$$= (a x'' + b x_1'') \frac{1}{a+b}.$$

Unsere erste Gleichung wird also:

$$P = G - Q - B + \frac{W}{g}(a x'' + b x_1'') \frac{1}{a+b} \quad (1)$$

Die zweite D'Alembertsche Gleichung sagt:

Das resultierende Drehmoment der Kräfte bezogen auf den Schwerpunkt des Körpers ist gleich dem Trägheitsmomente des Körpers, multipliziert mit der Winkelbeschleunigung desselben.

$$Pa - Qb - Bb = \mathcal{J}_s \text{ (Winkelbeschleunigung).}$$

Die Winkelbeschleunigung $= \dfrac{x'' - x_1''}{a+b}$

also unsere zweite Gleichung:

$$P = \frac{\mathcal{J}_s}{a} \frac{x'' - x_1''}{a+b} + Q\frac{b}{a} + B\frac{b}{a}. \quad (2)$$

(1) mit (2) zusammenfassend, und $\dfrac{W}{g} = M$ substituierend:

$$x'' + \frac{l d\left(1 + \frac{b}{a}\right)}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} x' + \frac{\left(c - \frac{W}{a+b} + c\frac{b}{a}\right) l}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} x =$$

$$= x_1'' \frac{\frac{\mathcal{J}_s}{a} - bM}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} + \frac{l d\left(1 + \frac{b}{a}\right)}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} x_1' +$$

$$+ \frac{\left(c - \frac{W}{a+b} + c\frac{b}{a}\right) l}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} x_1$$

aber

$$\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM = \frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M}{a} k_1^2.$$

(Hier ist $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des Pendels um den Punkt A, k_1 der Trägheitsradius.)

Führen wir folgende Vereinfachungen ein:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\frac{\mathcal{J}_s}{a} - bM}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} &= 1 - \frac{al}{k_1^2} = e^2 \\ \frac{l d\left(1 + \frac{b}{a}\right)}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} &= m^2 \\ \frac{\left(c - \frac{W}{a+b} + c\frac{b}{a}\right) l}{\frac{\mathcal{J}_s}{a} + aM} &= n^2 \end{aligned}\right|$$

dann wird:

$$x'' + m^2 x' + n^2 x = e^2 x_1'' + m^2 x_1' + n^2 x_1.$$

Die Schreibfeder des Pendels wird aber am Papier die

$$x - x_1 = y$$

relative Bewegung abzeichnen, und wir suchen eben die Zusammenfügung dieser Relativbewegung mit der Bewegung x_1 der Erde.

Nach Vollendung dieser Substitution:

$$y'' + m^2 y' + n^2 y = (e^2 - 1) x_1''$$

$$y'' + m^2 y' + n^2 y = -\frac{al}{k_1^2} x_1'' \quad (3)$$

Die Bewegung der Erde geschieht in einer gewissen periodischen Kurve, weil man aber eine jede periodische Kurve als die Resultierende von Sinuskurven darstellen kann, ist es genügend, wenn wir die Bewegung des Bodens für die Ableitung einer sinusartigen annehmen.

$x_1 = A \sin qt$ substituierend

$$y'' + m^2 y' + n^2 y = \alpha q^2 \sin qt, \quad (4)$$

wo

$$\alpha = \frac{al}{k_1^2} A \quad (4a)$$

Die allgemeine Lösung dieser Differentialgleichung ist:

$$\left.\begin{aligned} y = C_1 e^{w_1 t} C_2 e^{w_2 t} &- \frac{\alpha q^2}{w_1 - w_2}\left(\frac{w_1}{w_1^2 + q^2} - \right. \\ &\left. - \frac{w_2}{w_2^2 + q^2}\right) \sin qt - \frac{\alpha q^3}{w_1 - w_2} \\ &\left(\frac{1}{w_1^2 + q^2} - \frac{1}{w_2^2 + q^2}\right) \cos qt \end{aligned}\right| \quad (5)$$

wozu:

$$\left.\begin{aligned} w_1 &= -\frac{m^2}{2} + \sqrt{\frac{m^4}{4} - n^2} \\ w_2 &= -\frac{m^2}{2} - \sqrt{\frac{m^4}{4} - n^2} \end{aligned}\right| \quad (5a)$$

Der Wert von w_1 und w_2 ist entweder ein negativer oder komplex, also die ersten zwei Glieder in (5) werden nach einer gewissen Zeit sehr nahe $\oplus$, so daß, wenn ich sagen darf, nach dem Anfangsgange des Apparates die Gleichung des Diagrammes von dem Erdbeben wird:

$$\left.\begin{aligned} y = -\frac{\alpha q^2}{w_1 - w_2}&\left(\frac{w_1}{w_1^2 + q^2} - \frac{w_2}{w_2^2 + q^2}\right) \\ &\sin qt - \frac{\alpha q^3}{w_1 - w_2}\left(\frac{1}{w_1^2 + q^2} - \right. \\ &\left. - \frac{1}{w_2^2 + q^2}\right) \cos qt \end{aligned}\right| \quad (6)$$

A) Wir können aus dieser allgemeinen Lösung sehr leicht auf die Straßburger- und Vicentinipendeln übergehen, welche keine Hemmung haben, also

$$m = \oplus$$
$$w_1 = +ni$$
$$w_2 = -ni$$

und

$$y = -\alpha \frac{q^2}{q^2 - n^2} \sin q t$$

$$y = \frac{a l}{k_1^2} A \frac{q^2}{n^2 - q^2} \sin q t. \qquad (7)$$

Das n ist bei dem Pendel seine natürliche Periodenzahl, weil:

$$n^2 = \frac{\left(c - \frac{W}{a+b}\frac{b}{a} + c\frac{b}{a}\right) l}{\frac{\mathfrak{J}_x}{a} + a M} = \frac{\left(ca - \frac{W}{a+b} a + cb\right) l}{\mathfrak{J}_x + a^2 M}$$

$$= \frac{\left(cl - \frac{W}{a+b} a\right) l}{\mathfrak{J}} = \frac{\text{Drehmoment}}{\text{Trägheitsmoment}}.$$

Aber bei einem Pendel ist die Schwingungszeit:

$$T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Drehmoment}}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1}{n^2}},$$

also

$$n = \frac{2\pi}{T} \qquad (8)$$

und das ist die Periodenzahl.

q ist wieder die Periodenzahl des Erdbebens. Der Bruch

$$\frac{q^2}{n^2 - q^2}$$

in der Gleichung (7) wird also entweder sehr klein oder nahe -1, geradeso, wie die Periodenzahl des Erdbebens viel kleiner oder viel größer ist, wie die natürliche Periodenzahl der Pendel.

Wenn zum Beispiel:

$$q = 5\, n,$$

dann ist

$$\frac{q^2}{n^2 - q^2} = -1{,}04 \lesseqgtr -1$$

mit 4 Proz. Fehler, so daß

$$y \lesseqgtr -\frac{a l}{k_1^2} A \sin q t \qquad (7a)$$

Bei einem Erdbeben von noch größerer Periodenzahl kann man die Gleichung (7a) mit einem noch kleineren Fehler benützen, wie wir es schon früher bei den Bosch- und Vicentinipendeln erklärten.

Zwischen der Bewegung der Erde und dem Diagramme ist also nach der Gleichung (7a) eine Phasendifferenz von 180°, d. h. bei einem Stoße von der Richtung N—S schlägt das Pendel in Richtung S—N aus.

B) Wenn wir das Pendel bremsen, dann $m \neq 0$ und aus den Gleichung (5a) werden w_1, w_2 entweder komplexe Werte oder zwei gleiche oder zwei ungleiche reelle Zahlen, geradeso wie der Diskriminant $\frac{m^4}{4} - n^2$ ein negativer Wert, Null, oder ein positiver Wert ist.

1. Nehmen wir den ersten Fall, daß

$$n > \frac{m^2}{2} > 0$$

dann, wenn

$$\frac{m^2}{2} = a$$

$$\sqrt{\frac{m^4}{4} - n^2} = b i,$$

ist

$$\begin{cases} w_1 = -a + b i \\ w_2 = -a - b i. \end{cases}$$

Diese in (6) substituierend, kommt auf das Diagramm:

$$y = -\alpha q^2 \frac{-2a^2 + (a^2 - b^2 + q^2)}{(a^2 - b^2 + q^2)^2 + 4a^2 b^2} \sin q t -$$

$$- \alpha q^3 \frac{2a}{(a^2 - b^2 + q^2)^2 + 4a^2 b^2} \cos q t$$

heraus.

2. Im zweiten Falle

$$\frac{m^2}{2} = n^2$$

der Diskriminant ist Null

$$\begin{cases} w_1 = -\frac{m^2}{2} \\ w_2 = -\frac{m^2}{2} \end{cases}$$

und

$$y = -\alpha q^2 \frac{-\frac{m^4}{4} + q^2}{\left(\frac{m^4}{4} + q^2\right)^2} \sin q t$$

$$- \alpha q^3 \frac{m^2}{\left(\frac{m^4}{4} + q^2\right)^2} \cos q t$$

3. Endlich wenn

$$n < \frac{m^2}{2} < \infty,$$

der Diskriminant ist positiv, und wenn

$$\frac{m^2}{2} = a$$

$$\sqrt{\frac{m^4}{4} - n^2} = b,$$

dann

$$\begin{cases} w_1 = -a + b \\ w_2 = -a - b \end{cases}$$

und:

$$y = -\alpha q^2 \frac{-2a^2 + (a^2 + b^2 + q^2)}{(a^2 + b^2 + q^2)^2 - 4a^2 b^2} \sin q t -$$

$$- \alpha q^3 \frac{2a}{(a^2 + b^2 + q^2)^2 - 4a^2 b^2} \cos q t.$$

Als Endresultat können wir aussagen, wenn wir die Pendel bremsen, hängt im allgemeinen nicht nur die Amplitude von der Bremskraft ab, sondern es kommt auch eine gewisse von 180° abweichende Phasendifferenz

zwischen der Bewegung der Erde und des abgezeichneten Diagramms vor.

Bei dem Wiechertschen Pendel also dabei, daß wir seine Schwingungszeit möglichst groß gewählt haben, ist auch empfehlenswert, die bremsende Kraft nicht zu groß zu wählen.

Wir haben noch die Bestimmung von n und m durch Versuche bei einem ausgeführten Pendel übrig.

Wir bringen das Pendel in Bewegung und beachten die erste und n—te Amplitude (h_1 und h_n), dann ist:

$$\frac{1}{2}(d\,l)\,T_1 = \frac{\log h_1 - \log h_n}{(n-1)\log e},$$

wo T_1 die Schwingungszeit der Pendel während der Beobachtung (also mit dem Einflusse der Bremskraft) ist.

Dann:

$$d\,l = \frac{2}{T_1}\,\frac{\log h_1 - \log h_n}{(n-1)\log e} \qquad (10)$$

Die Schwingungszeit ohne Bremskraft:

$$T = \frac{T_1}{1 + \frac{1}{8} d^2 l^2 \frac{T_1^2}{\pi^2}}.$$

Auf n ergibt sich also aus der Beobachtung:

$$n = \frac{2\pi}{T_1}\left(1 + \frac{1}{8} d^2 l^2 \frac{T_1^2}{\pi^2}\right) \qquad (11)$$

Der

$$m^2 = \frac{l d\left(1 + \frac{b}{a}\right)}{\frac{\mathfrak{J}_s}{a} + a M} = \frac{l d\,(a+b)}{\mathfrak{J}_s + a^2 M} = \frac{l^2 d}{\mathfrak{J}}$$

$$n^2 = \frac{c l^2 - W a}{\mathfrak{J}}.$$

Dividieren wir diese zwei Gleichungen:

$$\frac{m^2}{n^2} = \frac{l^2 d}{c l^2 - W a}$$

also

$$m^2 = n^2 \frac{l^2 d}{c l^2 - W a} \qquad (12)$$

Diese Ableitungen sind auch für die gebremsten Straßburger- und Vicentinipendel gültig. Bei dem Straßburgerpendel kommt statt $c l^2 - W a$ . . . . . $a W \sin \alpha$ bei dem Vicentinipendel wieder . . . . $a W$. Die Bedeutung der einzelnen Buchstaben gibt Fig. 6 an.

Folgen noch einige Zahlenbeispiele, damit wir den Einfluß der Bremsung auf die Bewegung des Pendels rein sehen können.

Die Schwingungszeit des Pendels soll sein:

$T = 18{,}8$ Sec., so daß $n = \frac{2\pi}{18{,}8} = \frac{1}{3}$.

Wenn wir für die Bewegung der Erde die Gleichung

$$x_1 = 1 \sin 2t$$

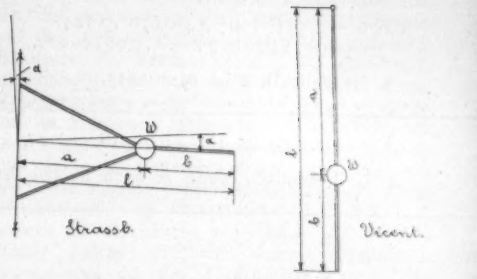


Fig. 6.

annehmen, dann ist

$$\begin{cases} A = 1 \text{ mm} \\ q = 2. \end{cases}$$

1. Wenn keine Bremsung da ist, wird die Gleichung des Diagramms aus (7).

$$y = \frac{a\,l}{k_1^2}\,\frac{4}{\frac{1}{9} - 4} \sin 2t = -\alpha \,.\, 1{,}03 \sin 2t,$$

oder mit 3 Proz. Fehler:

$$y \cong -\alpha \sin 2t$$

und die Phasendifferenz ist 180^0.

2. Wenn wir das Pendel bremsen nach dem Falle B. 1.

Sei zum Beispiel

$$m = 0{,}39,$$

dann ist nach B. 1.:

$$a = \frac{0{,}152}{2} = 0{,}076$$

$$b\,i = \sqrt{\left(\frac{0{,}152}{2}\right)^2 - 0{,}111} = 0{,}324\,i,$$

so daß:

$$y = -\alpha \,.\, 4 \,.\, \frac{-2\,.\,0{,}076^2 + (0{,}076^2 - 0{,}324^2 + 4)}{(0{,}076^2 - 0{,}324^2 + 4)^2 + 4\,.\,0{,}076^2\,.\,0{,}324^2} \sin 2t - \alpha \,.\, 8.$$

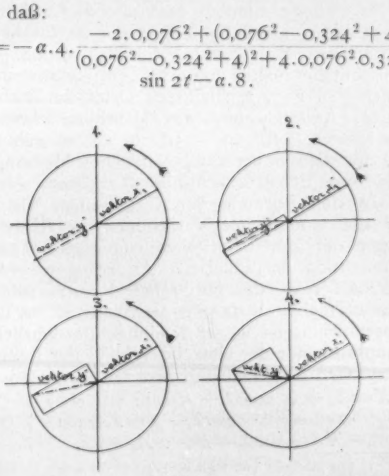


Fig. 7.

$$\frac{2 \cdot 0{,}076}{(0{,}076^2 - 0{,}324^2 + 4)^2 + 4 \cdot 0{,}076^2 \cdot 0{,}324^2} \cos 2t$$

$$y = -a \cdot 1{,}02 \sin 2t - a \cdot 0{,}08 \cdot \cos 2t.$$

3. Im Falle B. 2 ist $m = 0{,}817$.

Nach B. 2.:

$$y = -a \cdot 0{,}92 \sin 2t - a \cdot 0{,}316 \cos 2t.$$

4. Und endlich, wenn m noch größer ist

$$m = 1{,}22$$

$$a = \frac{1{,}22^2}{2} = 0{,}745$$

$$b = \sqrt{0{,}745^2 - 0{,}111} = 0{,}666$$

und aus B. 3.:

$$y = -a \cdot 4$$

$$\frac{-2 \cdot 0{,}745^2 + (0{,}745^2 + 0{,}666^2 + 4)}{(0{,}745^2 + 0{,}666^2 + 4)^2 - 4 \cdot 0{,}745^2 \cdot 0{,}666^2} \sin 2t - a \cdot 8$$

$$\frac{2 \cdot 0{,}745}{(0{,}745^2 + 0{,}666^2 + 4)^2 - 4 \cdot 0{,}745^2 \cdot 0{,}666^2} \cos 2t$$

$$y = -a \cdot 0{,}65 \sin 2t - a \cdot 0{,}496 \cos 2t.$$

Fig. 7 gibt in diesen vier Fällen die Vektoren des Erdbebens und seines Diagramms im speziellen Fall an, wenn $a = 1$, d. h. wenn der Endpunkt des Seismographen ein Perkussionspunkt ist.

Wie zu ersehen, eilt das Diagramm in dem 2. bis 4. Falle mit einer bei 180° kleineren Phasendifferenz vor.

(Eingegangen 9. Oktober 1905.)

REFERATE.

Geophysik.

Autorreferat des Verfassers.

H. Fritsche, Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente.

Vorliegend berichte ich über meine sechste Publikation über die Anwendung der von Gauß im Jahre 1838 aufgestellten „Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus".[1]) Sie zerfällt in drei Teile: der erste (S. 1—36) behandelt die jährliche, der zweite Teil (S. 36—53) die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente und der Anhang (S. 53—56) I die Verteilung der magnetischen Kraft auf der Erdoberfläche und Anhang II die Änderung der erdmagnetischen Kraft in der freien Atmosphäre mit der Meereshöhe.

Zu meinen Untersuchungen über die jährliche Periode dienten fast alle vorhandenen, brauchbaren absoluten Werte der 24stündigen, vieljährigen Monatsmittel der Deklination, der Horizontalintensität und der Vertikalintensität, welche an 28 verschiedenen Orten in Europa, Asien, Amerika und auf Mauritius zwischen den Breiten $+70°$ und $-56°$ im ganzen während ca. 260 Jahren vermittels absoluter Messungen und Variationsbeobachtungen erhalten waren.

In den Formeln der Gaussischen Theorie für die monatlichen Variationen — Abweichungen der Monatsmittel vom Jahresmittel nach Elimination der säkularen Änderungen — ΔX, ΔY, ΔZ resp. der nördlichen Komponente X, der westlichen Y und der vertikalen Z des Erdmagnetismus ist wegen Kleinheit der jährlichen Amplitude nur der einfache Winkel der Länge λ (E. v. Gr.) berücksichtigt worden, so daß

$$\left.\begin{aligned} \Delta X = k_0 + k_1 \cos\lambda + K_1 \sin\lambda = {} & g^{1,0} f \\ + g^{2,0} \cdot 2ef - {} & g^{1,1} \cdot e \cos\lambda - g^{2,1} \cdot 2A_0 \cos\lambda \\ - {} & h^{1,1} \cdot e \sin\lambda - h^{2,1} \cdot 2A_0 \sin\lambda. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

[1]) Die jährliche und tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente. Riga 1905, gedruckt bei A. v. Grothuß.

$$\left.\begin{aligned} \Delta Y = l_1 \cos\lambda + L_1 \sin\lambda = {} & - h^{1,1} \cos\lambda \\ - {} & h^{2,1} \cdot e \cos\lambda + g^{1,1} \cdot \sin\lambda + g^{2,1} e \sin\lambda. \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta Z = m_0 + m_1 \cos\lambda + M_1 \sin\lambda = {} & g^{1,0} \cdot 2e \\ + g^{2,0} \cdot 3C + {} & g^{1,1} \cdot 2f \cos\lambda + g^{2,1} \cdot 3ef \cos\lambda \\ + {} & h^{1,1} \cdot 2f \sin\lambda + h^{2,1} \cdot 3ef \sin\lambda. \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta Z = m_0 + m_1 \cos\lambda + M_1 \sin\lambda = {} & - g^{1,0} \cdot e \\ - g^{2,0} \cdot 2C - {} & g^{1,1} \cdot f \cos\lambda - g^{2,1} \cdot 2ef \cos\lambda \\ - {} & h^{1,1} \cdot f \sin\lambda - h^{2,1} \cdot 2ef \sin\lambda. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Die Formeln (1) und (2) gelten für innere sowohl als äußere Kräfte; (3) gilt für innere Kräfte und für die Summe der inneren und äußeren Kräfte und (4) nur für äußere; $e = \cos u$, $f = \sin u$, $u = 90° -$ geozentr. Breite, $A_0 = e^2 - 0{,}5$, $C = e^2 - 1/3$; ΔX, ΔY, ΔZ sind beobachtet, $g\,h$ endlich sind die gesuchten Koeffizienten der Gaußschen Theorie.

Ich erhielt $g\,h$ in Gaußschen Einheiten der vierten Dezimale (0,0001 G. E. = 1 γ), aus den beobachteten Werten von ΔX und ΔY:

Tafel (5)

	15. Dezbr.	15. März	15. Juni	15. Septbr.
$g^{1,0}$	−0,162	−1,279	+1,126	+0,315
$g^{2,0}$	−2,688	+0,414	+2,918	−0,644
$g^{1,1}$	+0,783	+0,681	−0,763	−0,701
$g^{2,1}$	−1,882	−0,321	+1,720	+0,483
$h^{1,1}$	+0,148	−0,198	−0,372	+0,422
$h^{2,1}$	+0,955	+0,360	−0,747	−0,568

und aus den beobachteten Werten von ΔZ in G. E. der vierten Dezimale:

Tafel (6)

	15. Dezbr.	15. März	15. Juni	15. Septbr.
$g^{1,0}$	+2,324	+0,623	−2,324	−0,623
$g^{2,0}$	−1,257	−0,337	+1,257	+0,337
$g^{1,1}$	−1,256	−0,336	+1,256	+0,336
$g^{2,1}$	+0,601	+0,161	−0,601	−0,161
$h^{1,1}$	−0,292	−0,078	+0,292	+0,078
$h^{2,1}$	+0,585	+0,157	−0,585	−0,157

(5) und (6) gelten für die Summe der inneren und äußeren Kräfte, indem man die Formeln (1), (2) und (3) anwendet. Durch Kombination von (5) und (6) nach den von Gauss in seiner Theorie aufgestellten Regeln gewann ich die Koeffizienten $g\,h$ der Theorie für die inneren und äußeren Kräfte und damit die Größen $k\,l\,m\;K\,L\,M$ der Gleichungen (1), (2), (3), (4), woraus sich ergaben: das Potential ΔP und ΔX, ΔY, ΔZ für die inneren und äußeren Kräfte und ihre Summe auf der ganzen Erdoberfläche von 15 zu 15 Grad in Länge und von 10 zu 10 Grad in Breite zu den 4 äquidistanten Epochen des Jahres: 15. Dezember, 15. März, 15. Juni und 15. September. Mit Hilfe der für die Summe der inneren und äußeren Kräfte geltenden Werte von ΔX, ΔY, ΔZ berechnete ich sodann die Abweichungen $\Delta\delta$ der Deklination δ, ΔT der Horizontalintensität T, $\Delta\mathfrak{J}$ der ganzen Intensität $\mathfrak{J}$ und Δi der Inklination i für die erwähnten 4 Epochen und 9 Parallelkreise $u = 10^0$, 30^0, 50^0, 70^0, 90^0, 110^0, 130^0, 150^0, 170^0 nach den Formeln (7):

$$\Delta\delta = \frac{\cos\delta}{T\cdot\sin 1'}\cdot\Delta Y - \frac{\sin\delta}{T\cdot\sin 1'}\cdot\Delta X,$$

$$\Delta T = \sin\delta\cdot\Delta Y + \cos\delta\cdot\Delta X,$$

$$\Delta\mathfrak{J} = \cos i\cdot\Delta T + \sin i\cdot\Delta Z,$$

$$\Delta i = \frac{\cos^2 i}{T\cdot\sin 1'}\cdot\Delta Z - \frac{\sin i\cos i}{T\cdot\sin 1'}\cdot\Delta T,$$

welche durch Differentiation der Gleichungen $X = T\cos\delta$, $Y = T\sin\delta$, $Z = \mathfrak{J}\sin i$ und $T = \mathfrak{J}\cos i$ entstanden sind. Um endlich $\Delta\delta$, ΔT, $\Delta\mathfrak{J}$ und Δi für jeden Tag des Jahres finden zu können, habe ich noch die Konstanten $p\,q$ der Formel $\Delta\delta$, ΔT, $\Delta\mathfrak{J}$ oder $\Delta i = p^{(1)}\cos t + q^{(1)}\cdot\sin t + p^{(2)}\cdot\cos 2t$ abgeleitet, worin t die Zahl der seit dem 15. Dezember verflossenen Tage, ausgedrückt in Graden (1 Tag = 0,9856°), bedeutet.

Die tägliche Periode habe ich früher[1]) untersucht auf Grund 24stündiger Beobachtungen an 27 Orten zwischen den Breiten $+80^0$ und -56^0 in einer Abhandlung betitelt: „Die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente". Aus den auf den Seiten 7, 8 und 9 dieser Schrift angegebenen, beobachteten Werten ΔX, ΔY, ΔZ, welche die stündlichen Abweichungen resp. der nördlichen Komponente X, der westlichen Y und vertikalen Z vom Tagesmittel repräsentieren, ersieht man, daß sie hauptsächlich von der geogr. Breite abhängen und daß die Länge keinen großen Einfluß auf ΔX, ΔY, ΔZ hat. Da nun das Beobachtungsmaterial noch sehr viel zu wünschen übrig läßt, sowohl in betreff seiner Exaktheit als auch wegen ungünstiger Verteilung der Beobachtungsorte auf der Erdoberfläche und da außerdem Versuche, die Länge λ zu berücksichtigen, zu keinem befriedigenden Resultate führten, so habe ich bei der Anwendung der Gaußschen Theorie auf die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente die Kräfte ΔX, ΔY, ΔZ als von λ unabhängig betrachtet und nur die Breite, deren Repräsentant $u = 90^0$ — geozentrischer Breite ist, in Rechnung gebracht. In vorliegender Arbeit habe ich mich deshalb darauf beschränkt, aus den in der früheren Publikation enthaltenen, nach der Theorie berechneten, stündlichen Abweichungen vom Tagesmittel ΔX, ΔY, ΔZ, welche für die Summe der inneren und äußeren Kräfte gelten, die sich daraus ergebenden Variationen $\Delta\delta$ der Deklination δ, ΔT der Horizontalintensität T, $\Delta\mathfrak{J}$ der ganzen Intensität $\mathfrak{J}$ und Δi der Inklination i für 9 Parallelkreise, $u = 10^0$, 30^0, 50^0, 70^0, 90^0, 110^0, 130^0, 150^0, 170^0 und für 6 Tagesmomente, Mitternacht, $4^h a$, $8^h a$, Mittag, $4^h p$ und $8^h p$ zu bestimmen. Ich gebrauchte dazu die obigen Formeln (7) und die absoluten Werte δ, T und i der Epoche 1885. Um endlich $\Delta\delta$, ΔT, $\Delta\mathfrak{J}$ und Δi für jeden Tagesmoment ableiten zu können, wurden die Konstanten $p\,q$ der Formel $\Delta\delta$, ΔT, $\Delta\mathfrak{J}$ oder $\Delta i = p^{(1)}\cos t + q^{(1)}\sin t + p^{(2)}\cos 2t + q^{(2)}\sin 2t + p^{(3)}\cos 3t$ berechnet, worin t die Zahl der seit Mitternacht verflossenen Stunden, multipliziert mit 15°, bedeutet.

Der Abschnitt S. 49 bis 53 ist den Ursachen der täglichen und jährlichen Variationen der erdmagnetischen Elemente gewidmet. Es dürften dabei die Veränderungen der Temperatur der Erdoberfläche und der Atmosphäre die Hauptrolle spielen, da die magnetische Kraft der Körper mit sinkender Temperatur steigt und mit wachsender abnimmt. Geringeren Einfluß als die Temperatur haben wahrscheinlich die Elektrizität der Luft, ihr Sauerstoff, welcher paramagnetisch ist etc. Die direkte magnetische Kraft der Sonne scheint auf der Erde nahezu Null zu sein.

Vor etwas mehr als einem halben Jahrhundert, als A. v. Humboldt seinen Kosmos schrieb, waren die Ansichten der Gelehrten über die Art der magnetischen Wirkung der Sonne geteilt: die einen behaupteten, daß die Sonne, ohne selbst magnetisch zu sein, auf den Erdmagnetismus nur temperatur-verändernd wirke (Ampère, Airy), andere (Coulomb, Sabine) glaubten, die Sonne sei ein sehr starker Magnet, der den Erdmagneten direkt beeinflusse.

Die letztere Ansicht wurde vornehmlich vom englischen General E. Sabine vertreten, von den meisten Gelehrten (z. B. auch von Humboldt im Kosmos) als richtig anerkannt und hat sich bis heute, mehr als 50 Jahre erhalten. Damals (um 1840) wurden weit auseinander liegende magnetische Observatorien nicht bloß in Rußland, sondern auch im englischen Kolonialreiche eingerichtet: in Toronto

1) Petersburg 1902.

(Canada), Hobarton (Tasmania), Kap der guten Hoffnung und St. Helena und die Tag und Nacht fortgesetzten Beobachtungen einer Reihe von Jahren von Sabine bearbeitet, welcher die von Gauß aufgestellte Theorie nicht benutzte, auch wohl nicht benutzen konnte, weil damals das Beobachtungsmaterial noch zu mangelhaft war. So gelangte er zu dem unrichtigen Schlusse, daß die in Rede stehenden Variationen der erdmagnetischen Elemente ihre Ursache nicht in den periodischen Temperatur-Veränderungen habe, sondern eine Folge der direkten Einwirkung der Sonne als Magnet auf die Erde sei. Ich habe die besten Beobachtungen, die man jetzt besitzt, und die Gauß-Theorie, welche einen Überblick über die ganze Erde gewährt, benutzt und bin zur Überzeugung gelangt, daß bei diesen magnetischen Erscheinungen die Temperatur die Hauptrolle spiele.

Zunächst berechnete ich direkt die magnetische Kraft, welche die Sonne auf der Erde ausübt, und fand den geringen Betrag 0,00002647 G. E. Da nun die Entfernung der Erde von der Sonne gleich 215,1 Sonnenhalbmessern und die Kraft eines Magneten mit der dritten Potenz der Entfernung abnimmt, so muß die magnetische Kraft der Sonne auf ihrer Oberfläche $= 215{,}1^3 \cdot 0{,}00002647 = 264{,}7$ G. E. oder ca. 60 mal so groß sein als die der Erde, deren ganze Intensität = 4,6 G. E. ist. Will man den Einfluß der Variationen der Temperatur auf alle Elemente des Erdmagnetismus nachweisen, so genügt es, denselben nur in 3 Elementen zu konstatieren, weil die übrigen 4 Elemente von ersteren 3 abhängig sind, da sie durch obige Bestimmungsgleichungen (7) miteinander verbunden sind, so daß man sie auseinander ableiten kann. Die größte, täglich regelmäßig wiederkehrende Bewegung zeigt die Deklinationsnadel vom Sonnenaufgang bis etwa 2 Uhr nachmittags. Während dieser Stunden bewegt sich der Nordpol der Nadel auf der nördlichen Halbkugel von Ost nach West, und auf der südlichen Halbkugel umgekehrt von West nach Ost; was nicht stattfinden könnte, wenn die Sonne als Magnet wirkte, indem sie dann gleichgerichtete Bewegungen in beiden Hemisphären erzeugen müßte. Diesen Umstand scheinen Sabine und Humboldt ganz übersehen zu haben. Erklärt wird dies Phänomen dadurch, daß die Erwärmung am Tage von Ost nach West fortschreitet, also am Morgen die Ostseite der astron. Meridiane in beiden Hemisphären wärmer, also schwächer magnetisch ist als die Westseite (vgl. S. 52). Ferner verglich Sabine die Deklinationen von 4 Orten — Toronto, Hobarton, Kap der guten Hoffnung und St. Helena —, beobachtet um $7^h{,}5$ morgens zur Zeit des Winter- und Sommer-Solstitiums miteinander und fand, daß die Differenzen beider Jahreszeiten für die genannten Orte um konstant 5′ voneinander abwichen. Daraus schloß er irrtümlicherweise, daß dies eine kosmische Ursache haben müsse und schrieb es der magnetischen Sonne zu, weil die 4 Orte ganz verschiedene Jahreszeiten hätten. Ich berechnete (vgl. S. 50) diese Differenzen sowohl für 8 Uhr morgens als für den Mittag für den größten Teil der Erde, nicht bloß für 4 Orte, habe aber keine Konstanz gefunden; auch müßten, wenn die Sonne als Magnet wirkte, die in Rede stehenden Differenzen um Mittag nahezu gleich Null sein, was sie nicht sind [vgl. S. 50, Tafel (62)]. Ferner sprechen für einen merklichen Einfluß der Temperatur auf den Erdmagnetismus die täglichen und jährlichen Variationen $\Delta \mathcal{J}$ der ganzen Intensität. Nach meinen Rechnungen sind in der jährlichen Periode die meisten Werte von $\Delta \mathcal{J}$ [vgl. S. 51, Tafel (65)] vom Nordpol bis zum Südpol im Dezember positiv, im Juni fast alle negativ d. h. die ganze Intensität $\mathcal{J}$ ist im Mittel beider Hemisphären im Dezember um 0,0005 G. E. größer als im Juni. Zu einem ähnlichen Resultate war schon Sabine gelangt und schloß daraus, daß nur die Sonne dies als Magnet bewirken könne, weil sie im Dezember der Erde näher sei, als im Juni und weil beide Hemisphären im Dezember und auch im Juni entgegengesetzte Jahreszeiten hätten. Er glaubte, obgleich das ihm zu Gebote stehende Beobachtungsmaterial noch sehr dürftig war, daß $\Delta \mathcal{J}$ im Dezember und Juni für alle Breiten nahe konstant sei, was nach meinen Untersuchungen nicht der Fall ist und scheint nicht gewußt zu haben, daß die Luft der ganzen Erdoberfläche im Dezember um $4^1/_2$ Grad C kälter als im Juni ist. $\Delta \mathcal{J}$ variiert in der Tat im Dezember und Juni auf verschiedenen Parallelkreisen sehr bedeutend; es machen sich also, gegen Sabines Meinung, die Temperaturdifferenzen beider Hemisphären sehr bemerkbar. Der Erdmagnetismus ist im Dezember wahrscheinlich deshalb stärker als im Juni, weil die Erdoberfläche im Dezember durchschnittlich um $4^0{,}5$ C. kälter als im Juni ist.

Auch die tägliche Periode der ganzen Intensität $\mathcal{J}$ zeugt vom Einflusse der Temperatur auf den Erdmagnetismus, da nach meinen umfassenden Rechnungen (vgl. S. 53) das Tagesmaximum von $\mathcal{J}$ um ca. 4 Uhr morgens — um die Zeit der niedrigsten Tagestemperatur — und das Minimum von $\mathcal{J}$ um Mittag — der Zeit der größten Tageswärme — stattfindet. Das eben von mir über die ganze Intensität Gesagte gilt auch in betreff der vertikalen Intensität.

Daß die Hauptepochen der täglichen und jährlichen Variationen der erdmagnetischen Elemente der Zeit nach nicht exakt mit denen

der Temperatur zusammenfallen, ist kein Beweis gegen den Einfluß der Temperatur auf den Erdmagnetismus, weil, wie schon oben bemerkt, noch andere Agenzien von geringerer Bedeutung modifizierend auf ihn einwirken.

Im Anhange I S. 53—54 ist das merkwürdige Faktum konstatiert, daß auf der Hemisphäre, östlich vom Meridian 100° (E. v. Gr.) die ganze Intensität unter allen Breiten größer ist als unter den korresp. Breiten auf der vom Meridian 100° westlich gelegenen Erdhälfte, was wohl teilweise auf Rechnung des kalten Bodenwassers des großen Ozeans zu setzen ist, welches die magnetische Kraft der Erdrinde erhöht. Zum Schlusse sind im Anhange II einfache Formeln und numerische Hilfstafeln mitgeteilt, welche die Änderungen der erdmagnetischen Elemente mit der Meereshöhe angeben (S. 54—56).

(Eingegangen 10. Oktober 1905.)

BESPRECHUNGEN.

H. Erdmann u. P. Köthner, Naturkonstanten in alphabetischer Anordnung. Hilfsbuch für chemische und physikalische Rechnungen mit Unterstützung des internationalen Atomgewichtausschusses. gr. 8. 192 Seiten. Berlin, Julius Springer. 1905. Mk. 6.—

Wie sich neben dem Lehrbuch von Kohlrausch ein „kleiner Kohlrausch" sehr brauchbar erwiesen hat, so würde gewiß jedem Physiker und Chemiker neben dem in der neuen Auflage recht umfangreich gewordenen „Landolt-Börnstein" ein kleineres Tabellenwerk für den täglichen Gebrauch willkommen sein. Das vorliegende Buch wäre nach Umfang und Ausstattung recht geeignet, diese Lücke auszufüllen, wird aber inhaltlich dem Titel „Naturkonstanten" nicht ganz gerecht.

In alphabetischer Reihenfolge führt es die einzelnen Elemente auf und dazwischen gewisse Stichworte, wie Einheiten, Elektrische Konstante, Gase, Grundstoffe, Logarithmen. Dadurch entsteht eine gewisse Unübersichtlichkeit. Die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs ist unter dem Stichwort „Einheiten" in die Tabelle „Vergleichung verschiedener Energieformen" aufgenommen. Unter A befindet sich eine Tabelle über Atomrefraktion. Die Bedeutung der hier gegebenen Zahlen wird aber erst unter O bei „Optischen Konstanten" erklärt, wobei das Versehen mit unterläuft, daß im Anfang r die Atomrefraktion, später aber die spezifische Refraktion bedeutet, während die Atomrefraktion von nun an mit r_A bezeichnet wird.

Auch die Auswahl des Stoffes gibt zu Bedenken Anlaß. Bei jedem einzelnen Element ist ein recht große Zahl von Linien seines Flammen- und Funkenspektrums aufgenommen, aber über Bildungs- und Umwandlungswärmen und über die Löslichkeit von Salzen findet man nur wenige Zahlen. Die Verbrennungswärme organischer Stoffe, der Dissoziationsgrad wässriger Lösungen, die Stärke der bekanntesten Säuren und Basen ist nicht angeführt, Tabellen über Dichte von Kochsalzlösungen oder anderer gebräuchlicher wässriger Salzlösungen fehlen. Unter elektrischen Konstanten ist die elektromotorische Kraft von 8 Elementen angegeben: Latimer Clark Element 0,69735 (!) Volt, Daniell-Element 1,088 (!) Volt usw. Das Clark-Element hat bei 15° die elektromotorische Kraft von 1,4329 Volt, das Daniellelement, nach der Vorschrift der Verf. hergestellt (Cu, konz. $CuSO_4$, verd. H_2SO_4, Zn), kann nicht einmal eine auf hundertstel Volt definierte Spannung haben. Das wegen seines geringen Temperaturkoeffizienten gebräuchlichste Normalelement aber, das Westonelement, ist gar nicht erwähnt. Im Artikel „Wasser" findet sich unter zahlreichen Konstanten auch das Molekulargewicht im flüssigen Zustande $H_8O_4 = 71{,}52$, ein Zeichen, wie wenig unsichere Hypothesen und zuverlässige experimentelle Daten auseinander gehalten sind.

Unrichtigkeiten, teils durch Druckfehler veranlaßt (z. B. S. 9 $Al = 16{,}91$), teils durch Abdruck gänzlich veralteter Angaben (z. B. S. 150 Temperatur der Bunsenflamme 1000°) habe ich mehrmals bemerkt. Die Atomgewichte z. B. sind bezogen auf $H = 1$ bis auf 2 Stellen hinter das Komma angegeben, gleichgültig, wo das Komma steht, wodurch das Atomgewicht des Wasserstoffs als bis auf 1%, das des Thoriums aber als bis auf 0,004% genau bekannt angenommen wird. Da Autoren- und Quellenangaben als Beleg der angeführten Daten größtenteils fehlen, so läßt sich nicht entscheiden, welche Sicherheit und Genauigkeit die einzelnen Zahlen besitzen.

Riesenfeld.

(Eingegangen 12. September 1905.)

Hugo Müller, Die Mißerfolge in der Photographie und die Mittel zu ihrer Beseitigung. I. Teil: Negativ-Verfahren. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Enzyklopädie der Photographie. Heft 7. gr. 8. 106 Seiten. Mit 10 Figuren im Text und 8 Tafeln. Halle a. S., W. Knapp. 1905. M. 2,—.

G. Mercator, Die photographische Retusche mit besonderer Berücksichtigung der moder-

nen chemischen, mechanischen und optischen Hilfsmittel nebst einer Anleitung zum Kolorieren von Photographieen. gr. 8°. VI und 86 Seiten. Mit 5 in den Text gedruckten Abbildungen. Zweite Auflage. Enzyklopädie der Photographie. Heft 21. Halle a. S., W. Knapp. 1905. M. 2,50.

Die „Mißerfolge in der Photographie" sind wohl vor allem für Anfänger bestimmt. Die knappe und präzise Gegenüberstellung von Ursache (des Fehlers) und Abhilfe, die zwar das Lesen des Büchleins nicht gerade amüsant gestaltet, ein ausführliches Sachregister und beigegebene Tafeln erleichtern seine praktische Benutzung.

Die „Photographische Retusche" ist mehr für fortgeschrittene Amateure und angehende Fachleute geschrieben. Es wäre zu wünschen, daß auch in diesem Buche, wie es in obigem Werke geschieht, die graue Theorie durch Abbildungen — Gegenüberstellung von Beispiel und Gegenbeispiel — verdeutlicht würde. Das Erscheinen der neuen Auflagen beweist, daß beide Bücher den verdienten Beifall gefunden haben. Riesenfeld.

(Eingegangen 12. September 1905.)

K. Hochenegg, Das elektrotechnische Institut der K. K. technischen Hochschule in Wien. gr. 4. 86 S. mit 1 Gesamtansicht in Kupferdr. u. 84 Textbildern. Wien. Berlin, J. Springer. 1904. M. 10,—.

In der vortrefflich ausgestatteten Schrift gibt der Verfasser die Entstehungsgeschichte und eine Beschreibung der Einrichtung des neuen elektrotechnischen Instituts in Wien. Wer in die Lage kommt, ein ähnliches Institut einzurichten, auch der Physiker, findet mancherlei Anregung und mustergültige Vorbilder in dem Buche. Besonders ausgezeichnet ist das Institut durch einen Gleichstromgenerator von 20000 Volt und 1 Amp.; eine besondere, wie mir scheint namentlich für so große Institute zweckmäßige Linienwähleranlage für die Stromverteilung; ein einheitlich durchgeführtes System von „Apparateleisten" an Wänden und Säulen, in die auf Brettern montierte Meßinstrumente Rheostaten, Ausschalter, etc. beliebig eingeschoben und zu einer Schalttafel vereinigt werden können; einen mit Glaswänden verschließbaren Übungstisch für feinere, vom Staub freizuhaltende Meßschaltungen; ein großes photographisches Atelier für Lichtpauseverfahren etc.

Der Kostenaufwand für das Institut beträgt 1073000 Kronen für den Bau, 900000 Kronen für innere Einrichtung. H. Th. Simon.

R. Ed. Liesegang, Beiträge zum Problem des elektrischen Fernsehens. Zweite Auflage. 8. 228 S. Leipzig, E. Liesegangs Verlag. 1899. M. 3,—.

Durch ein Versehen ist den Lesern der Physikalischen Zeitschrift von diesem Buche noch keine Mitteilung gemacht, obschon es wohl wert ist, daß man es kennen lernt. Das Problem des elektrischen Fernsehens wird der Anlaß, alle physikalischen Erscheinungen zusammenzustellen, die je für dieses Problem in Frage gekommen sind oder kommen können. Photoelektrizität, Selenapparate und ähnliches, Radiophonie, Einfluß des Lichtes auf elektrische Entladungen; Licht und Magnetismus, phototelegraphische Verfahren, etc. Dann werden die Versuche zur Lösung des Problems besprochen. Das Buch bringt auch manche phantastische Nachricht, referiert aber ernst und sachlich darüber. Es gibt Kenntnis von manchen Tatsachen und Plänen, die in der gewöhnlichen Fachliteratur nicht oder schwer zu finden sind. Leider sind die fachwissenschaftlichen Mitteilungen ohne ausführlichen Literaturnachweis gegeben. Als Monographie über die Fernseheridee, die schon so viele Erfinderköpfe verwirrt hat, verdient es Beachtung auch bei dem Physiker. H. Th. Simon.

A. Ritter v. Urbanitzky, Das elektrische Licht und die elektrische Heizung. Vierte Aufl. Elektrotechnische Bibliothek III. Band. 8. VIII u. 232 S. mit 103 Abbildungen. Wien, A. Hartleben. 1903. M. 3,—, geb. M. 4,—.

Als es noch keine Sintflut elektrotechnischer Literatur gab, wie heute, waren die Bände der Hartlebenschen elektrotechnischen Bibliothek eine gute und beliebte Quelle, sich zu informieren, falls man nicht auf Originalliteratur zurückgehen wollte und konnte. Für die vorliegende Neuauflage des III. Bandes bleibt das auch noch heute gültig. Der Verfasser ist mit den neuesten Fortschritten gegangen und bringt eine reiche und gute, auch wissenschaftlich befriedigende Übersicht über das behandelte Gebiet. Die neuesten Forschungen über Strahlungsgesetze werden vielleicht etwas zu flüchtig berührt, aber das Buch hat ja auch vorwiegend die praktische Tendenz, populär zu berichten, was es alles auf seinem Gebiete gibt, und Rechenschaft zu geben von der Wirkungsweise der aufgeführten Dinge. Man findet in dem Buche z. B. über Herstellung von Glühlampen, von Bogenlampenkohlen und über ähnliche Fragen viel wertvolle Angaben, die man sonstwo vergebens sucht und die überhaupt schwer zu beschaffen sind. So wird jeder für die elektrische Beleuchtung und Heizung Interessierte seine

Rechnung finden, wenn er sich mit dem Buche bekannt macht. H. Th. Simon.

O. Lummer, Die Ziele der Leuchttechnik. gr. 8. 112 S. mit Abbildgn. München, R. Oldenbourg. 1903. M. 2,50.

In das Chaos der Tatsachen und Meinungen über Strahlungsvorgänge hat die glanzvolle Reihe von Arbeiten namentlich deutscher Forscher, darunter des Verfassers, theoretische und experimentelle Klarheit gebracht. Nun ist in diesem, aus einem Vortrage hervorgegangenen Buche gezeigt, welche Folgerungen aus den Ergebnissen der abstrakten Wissenschaft die angewandte Wissenschaft zu ziehen hat. Nicht nur ist der ganze bis vor kurzem von der Leuchttechnik meist tastend zurückgelegte Weg nunmehr als wissenschaftliche Notwendigkeit begründet, sondern klipp und klar ist auch gezeigt, wie er notwendig weiter führen muß, um zum Ziele zu kommen, einer möglichst ökonomischen Wandlung der Wärme oder elektrischen Energie in Lichtenergie. Der rapide Aufschwung, der in den letzten Jahren in dieser Hinsicht eingesetzt hat, ist nicht zum wenigsten dieser Vor- und Mitarbeit der abstrakten Wissenschaft zu danken.

Nach einer vortrefflich klaren und anregenden Übersicht über die Ergebnisse der Forschung, über Licht, Lichtstrahlung, Lichtquellen etc. bringt dieser Exkurs in die Leuchttechnik so recht den ganzen Reichtum der neugewonnenen Erkenntnis zur Geltung. Ein Schulbeispiel für die Notwendigkeit, daß auch technische Probleme zur Vollendung nur auf rein wissenschaftlichem Wege geführt werden können.

Das Buch gehört zu den erfreulichsten literarischen Erscheinungen der letzten Jahre und sollte jedem Physiker und Ingenieur ganz genau bekannt sein. H. Th. Simon.

A. Kundt, Vorlesungen über Experimentalphysik, herausgegeben von Karl Scheel. gr. 8. XXIV u. 852 S. mit dem Bildnis Kundts, 534 Abbildungen und 1 farbigen Spektraltafel. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1903. M. 15,—.

Bei Kundt Experimentalphysik gehört zu haben, ist eine unvergeßliche Lebenserinnerung. Er hatte eine Art von eindringlicher, lebendiger, überzeugender Beredsamkeit, die in Verbindung mit seiner glänzenden Experimentierkunst jeden fesselte und mitriß. Und das alles quoll aus der ausgeprägten, so reichen und liebenswürdigen Persönlichkeit hervor, die in allen seinen Schülern als Vorbild lebendig ist. Ich glaube, ein jeder von ihnen trägt seinen Lehrmeister Kundt als geheimen Kritiker in seinem Geist, dem vor allem er seine Arbeiten zu Gefallen vollenden möchte.

So ist es ein nur allzulange hinausgeschobener Akt der Pietät, daß man seine Vorlesungen über Experimentalphysik jetzt herausgegeben hat. Es war gewiß ein schweres Stück Arbeit, was der Herausgeber zu leisten hatte. Denn wenn auch Kundt selbst schon ein Nachstenographieren eines der letzten Cyklen seiner Vorlesungen veranlaßt hatte und sich offenbar mit dem Gedanken einer Herausgabe trug, so hat ihn doch sein viel zu früher Tod zu einer Redaktion nicht kommen lassen. Der Herausgeber hat sich pietätvoll möglichst an das Vorhandene gehalten. Selbstverständlich geben solche gedruckte Vorlesungen nur ein schwaches Abbild des lebendigen Vortrags, aber alle Hörer Kundts werden dem Herausgeber Dank wissen, daß er diese äußere Form festgehalten hat. Leider hat die Verlagsfirma Vieweg, in deren Büchern sich seit lange vorhandene Holzschnitte wie eine ewige Krankheit forterben, auch hier meist mit vorhandenen Bildstöcken den Bedarf an Abbildungen gedeckt. Gerade im vorliegenden Falle hätten aber die typischen Strichskizzen, durch die Kundt seinen Vortrag meisterhaft zu erläutern pflegte, eine zahlreichere Neuherstellung von Bildstöcken verdient. Dadurch wäre ein Zauber der Kundtschen Vorlesung mehr der Nachwelt erhalten worden.

H. Th. Simon.

L. Graetz, Kompendium der Physik. Dritte Auflage. gr. 8. IX u. 479 S., mit 275 Abbildgn. Wien, F. Deuticke. 1903. M. 8,—.

Was der Verfasser in dem Vorwort zur dritten Auflage als die Absicht seiner Behandlungsweise des Stoffes hinstellt, „die exakte Formulierung des Materials durch präzise Definitionen, scharfen Ausdruck der Tatsachen und methodische Einteilung", mit Bestreben, „nicht die trockene Formel, sondern ihren lebendigen Inhalt, die Erscheinungen der Natur als Hauptsache erscheinen zu lassen", das sind in der Tat die Vorzüge, die diesem und den sonstigen wohlbekannten Büchern des Verfassers die vielen Freunde gewonnen haben. Daß er sorgt, stets den modernsten Standpunkt der Wissenschaft einzuhalten, ist bei dem Namen des Verfassers wohl selbstverständlich. Der Umfang des Buches ist daher in der Neuauflage wesentlich gewachsen. H. Th. Simon.

(Eingegangen 6. Oktober 1905.)

Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichensälen mit Gas und elektrischem Bogenlicht. Bericht über Versuche in München, erstattet von der auf Veranlassung des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern gebildeten Kommission. gr. 8. 58 S. mit zahlreichen Abbildungen. München, R. Oldenbourg. 1905. M. 1,75.

Der vorliegende, sehr interessante Bericht wurde von Dr. Schilling im Auftrage der genannten Kommission ausgearbeitet. — Wenn die wichtige Frage der künstlichen Beleuchtung von Schul- und Zeichensälen in einer so gründlichen Weise durch ausgiebige Versuche zu lösen versucht wurde, so ist das jedenfalls von großem Werte für alle Interessenten, denen wir die übersichtlich und sehr klare Darstellung des Berichtes dringend empfehlen können. Die verschiedenen Beleuchtungssysteme, gewöhnliches Gasglühlicht, Preßgaslicht (Selas und Millenium), Bogenlicht mit gewöhnlicher und umgekehrter Kohlenstellung (wobei halb zerstreutes Licht [Schirme] sowie rein zerstreutes, von der Decke des Raumes reflektiertes Licht benutzt wird), wurden hinsichtlich der verschiedensten Einflüsse sorgfältig verglichen, wobei der Grundsatz galt, ein Beleuchtungsminimum von 30 Lux für Schulzimmmer und 80 für Zeichensäle zu erzielen. Es hat sich dabei erwiesen, daß die Preßgasbeleuchtung die billigste bei zerstreutem Lichte ist und daß auch die Übelstände einer Luftverschlechterung bei dieser sich völlig beheben lassen. Behrendsen.

Karl Snyder, Das Weltbild der modernen Naturwissenschaft nach den Ergebnissen der neuesten Forschungen. Autorisierte deutsche Übersetzung von H. Kleinpeter. 8. 306 S. mit 16 Bildnissen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. M. 5,60, gebunden M. 6,60.

Was W. Meyer in seinem bekannten Buche „Die Naturkräfte" (S. diese Zeitschr. **5**, 558, 1904) für die deutsche Leserwelt gelungen ist, nämlich beim Beginne des zwanzigsten Jahrhunderts mit meisterhafter Hand ein zusammenfassendes Bild der modernen Forschungen auf naturwissenschaftlichem Boden zu entwerfen, — das sucht Snyder in dem vorliegenden Werke dem gebildeten amerikanischen Laien zu bieten.

Allerdings ist weder der Umfang seines Buches so bedeutend, wie der des deutschen Werkes, noch ist die Ausstattung so glanzvoll wie in diesem. Jedoch ist nicht zu leugnen, daß die Snydersche Darstellung sehr anregend wirkt, und wohl dazu geeignet erscheint, einen klaren Begriff von den die Zeit bewegenden Ideen zu geben und die Bedeutsamkeit und Vielseitigkeit der naturwissenschaftlichen Forschungsresultate in ein helles Licht zu rücken. Kann doch nur auf diesem Wege eine gewisse Kontinuität gegenüber der so außerordentlich zersplitterten Detailforschung hergestellt werden.

Bei Besprechung der Phänomene des organischen Lebens zeigt es sich, daß der Verfasser nicht auf dem Boden des sich neuerdings wieder lebhafter regenden Vitalismus steht, sondern die Lebensvorgänge ohne phantastische Annahmen ehrlich so darstellt, wie sie sich dem forschenden Auge des modernen Physiologen darbieten. Wenn auch bei der Darstellung Snyders zuweilen kleine Fehler oder besser Unebenheiten auftreten, wenn er manchmal nicht ganz haltbaren Theorien zuviel Raum gibt, so kann das den günstigen Gesamteindruck des trefflichen Buches nicht beeinträchtigen, um so weniger, als Snyder über vieles berichtet, was von amerikanischen Gelehrten beobachtet und entdeckt wurde und noch so gut wie gar nicht in die Kreise der deutschen Laienwelt gedrungen ist. Dahin gehört z. B. der Abschnitt, der die Arbeiten Jacques Löbs in Chicago über die „Theorie der Instinkte" und ähnliches behandelt.

Daß gerade Kleinpeter sich der Einführung des „Weltbildes der Naturwissenschaft" durch seine Übersetzung angenommen hat, ist kein Zufall. Hat doch dieser Gelehrte noch vor kurzem in seiner „Erkenntnistheorie" (d. Z. 6, 638, 1905) auf die Notwendigkeit einer wissenschaftlich haltbaren Weltanschauung hingewiesen.

Behrendsen.

(Eingegangen 29. November 1905.)

Briefkasten.

Herrn **L. K.** in S . . . . . l erlaube ich mir auf meinen Aufsatz unter dem Titel „Rundschau" im „Prometheus" Weihnachtsheft aufmerksam zu machen. In demselben beschrieb ich das Wesen der Blitzröhren sowie deren künstliche Erzeugung und brachte eine Photographie einer solchen, zu deren Herstellung 10000 Watt werwendet wurden.

Otto Nairz.

Dazu ist zu bemerken, daß die Blitzröhrenpräparate des Herrn Nairz durch 10 Minuten lange Einwirkung eines Hochspannungslichtbogens erhalten sind, während bei meinen Versuchen nur sekundenlang oszillatorische Entladungen stattfanden, also die beim Blitz vorliegenden Verhältnisse erheblich getreuer nachgebildet wurden. Daß ein Lichtbogen Quarz schmelzen kann, war ja längst bekannt. Emil Bose.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Technischen Hochschule in Berlin habilitierte sich Dr. Fuchs für reine Mathematik.

Verliehen wurde dem Privatdozenten für Physik an der Universität Wien Dr. Egon Ritter von Schweidler und dem Privatdozenten für Mechanik an der Technischen Hochschule in Berlin Dr. Ing. Hans Reißner der Titel eines a. o. Professors.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.